

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-339022

(43)Date of publication of application : 07.12.2001

(51)Int.Cl. H01L 23/373
 B22F 3/14
 B22F 3/26
 C04B 41/85
 C04B 41/88
 C22C 1/05
 C22C 1/10

(21)Application number : 2000-388019

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 21.12.2000

(72)Inventor : ISHIKAWA SHUHEI

MITSUI TAKASHI

SUZUKI TAKESHI

NAKAYAMA NOBUSUKE

TAKEUCHI HIROYUKI

YASUI SEIJI

(30)Priority

Priority number : 11368108
 2000080833

Priority date : 24.12.1999
 22.03.2000

Priority country : JP
 JP

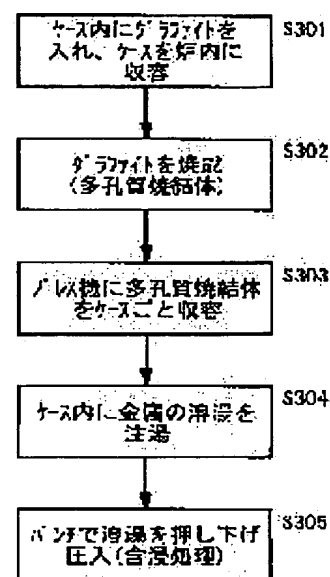
(54) HEAT SINK MATERIAL AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the productivity of a high-quality heat sink by making easily manufacturable a heat sink material having such a characteristic that is adaptable to the balance between the coefficients of thermal expansion and thermal conductivity required for actual electronic parts (including semiconductor devices).

SOLUTION: Graphite is put in a case and the case is housed in a furnace (step S301). A porous sintered compact of graphite is manufactured by baking the graphite in the furnace (step D302). Then the sintered compact is taken out of the furnace together with the case and housed in the recessed section of a press while the compact is put in the case (step S303). After pouring a molten metal into the case (step S304), the molten metal is press-injected into the porous sintered compact by pressing down the metal in the case by inserting a punch into the recessed section of the press (step S305). Consequently, the molten metal is impregnated into the open pores of the sintered compact.

FIG. 8



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.05.2001
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.12.2003
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision 2004-00734 of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 08.01.2004
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-339022

(P2001-339022A)

(43) 公開日 平成13年12月7日 (2001. 12. 7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 23/373		B 2 2 F 3/14	D 4 K 0 1 8
B 2 2 F 3/14		3/26	A 4 K 0 2 0
3/26		C 0 4 B 41/85	F 5 F 0 3 6
C 0 4 B 41/85		41/88	V
41/88		C 2 2 C 1/05	C

審査請求 有 請求項の数65 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2000-388019 (P2000-388019)	(71) 出願人	000004064 日本碍子株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(22) 出願日	平成12年12月21日 (2000. 12. 21)	(72) 発明者	石川 修平 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日 本碍子株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-368108	(72) 発明者	三井 任 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日 本碍子株式会社内
(32) 優先日	平成11年12月24日 (1999. 12. 24)	(74) 代理人	100077665 弁理士 千葉 剛宏 (外1名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願2000-80833 (P2000-80833)		
(32) 優先日	平成12年3月22日 (2000. 3. 22)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

最終頁に続く

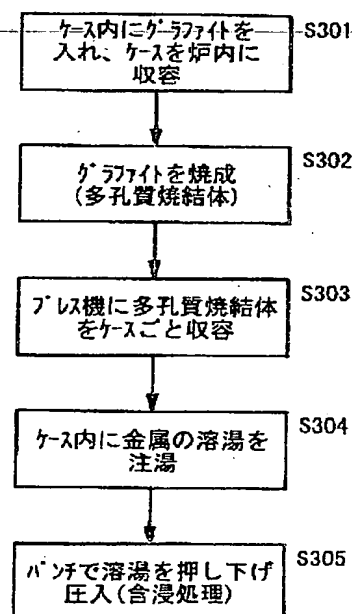
(54) 【発明の名称】 ヒートシンク材及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を有するヒートシンク材を容易に製造できるようにして、高品質のヒートシンクの生産性を向上させる。

【解決手段】 ケース内にグラファイトを入れ、該ケースを炉内に収容する（ステップS301）。炉内を焼成して、グラファイトによる多孔質焼結体を作製する（ステップS302）。その後、炉から多孔質焼結体をケースごと取り出して、プレス機の凹部内に多孔質焼結体をケースごと収容する（ステップS303）。次に、ケース内に金属の溶湯を注湯した後（ステップS304）、パンチを凹部内に挿通し、ケース内の前記溶湯を押し下げ圧入する（ステップS305）。このパンチの押圧処理によって、金属の溶湯は、多孔質焼結体の開気孔部中に含浸されることとなる。

FIG. 8



【特許請求の範囲】

【請求項1】カーボン又はその同素体と、金属とを含み、

直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が160W/mK以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項2】請求項1記載のヒートシンク材において、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が180W/mK以上であって、かつ、熱膨張率が $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項3】請求項1記載のヒートシンク材において、前記同素体がグラファイトであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項4】請求項1記載のヒートシンク材において、前記同素体がダイヤモンドであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項5】請求項1記載のヒートシンク材において、前記カーボン又はその同素体として、熱伝導率が100W/mK以上のものが使用されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項6】請求項1、3又は5のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、前記カーボン又はその同素体を焼成してネットワーク化することによって得られる多孔質焼結体に前記金属が含まれて構成されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項7】請求項6記載のヒートシンク材において、前記多孔質焼結体の気孔率が10vol%～50vol%であって、平均気孔径が0.1 $\mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項8】請求項6又は7記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率が、前記カーボン又はその同素体が50vol%～80vol%、金属が50vol%～20vol%の範囲であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項9】請求項6～8のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体に、該カーボン又はその同素体を焼成した際の閉気孔率を低減させる添加物が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項10】請求項9記載のヒートシンク材において、

前記閉気孔率を低減させる添加物が、SiC及び/又はSiであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項11】請求項1、3又は5のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の粉体に、水又は結合材を混合し、所定圧力下で成形された予備成形体に、前記金

属が含まれて構成されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項12】請求項11記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の粉体の平均粉末粒度が1 $\mu\text{m} \sim 2000 \mu\text{m}$ であり、

前記粉体が最小の長さをとる方向と、最大の長さをとる方向で、その長さの比が1:5以下であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項13】請求項11又は12記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率が、前記カーボン又はその同素体が20vol%～80vol%、金属が80vol%～20vol%の範囲であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項14】請求項1、3又は5のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属が溶解した液体状態又は固液共存状態に、前記カーボン又はその同素体の粉体を混合し、鑄造成形されて構成されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項15】請求項6～14のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

閉気孔率が12vol%以下であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項16】請求項6～15のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属に、界面の濡れ性改善のための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項17】請求項16記載のヒートシンク材において、

前記界面の濡れ性改善のための添加元素がTe、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Tl、Ca、Cd、Niから選択された1種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項18】請求項6～17のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属に、前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項19】請求項18記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための添加元素がNb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項20】請求項6～19のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属に、湯流れ性を向上させるため、固相/液相の温度範囲が30 $^{\circ}\text{C}$ 以上の元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項21】請求項20記載のヒートシンク材において、

前記添加元素がSn、P、Si、Mgから選択された1種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項22】請求項6～21のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属に、融点を低減させるための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項23】請求項22記載のヒートシンク材において、

前記添加元素がZnなどであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項24】請求項6～23のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属に、熱伝導率を向上させるための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項25】請求項24記載のヒートシンク材において、

前記金属に、前記熱伝導率を向上させるための元素を添加し、熱処理、加工及びカーボンとの反応後、偏析等によって得られる合金の熱伝導率が10W/mK以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項26】請求項1～5のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の粉体と前記金属の粉体とを混合し、所定圧力下で成形されて構成されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項27】請求項26記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の粉体と前記金属の粉体の平均粉末粒度が1μm～500μmであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項28】請求項1～5のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の粉碎裁断材と前記金属の粉体とを混合し、所定温度、所定圧力下で成形されて構成されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項29】請求項26～28のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率が、前記カーボン又はその同素体が20vol%～60vol%、金属が80vol%～40vol%の範囲であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項30】請求項26～29のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

熱伝導率が200W/mK以上であって、かつ、熱膨張率が $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項31】請求項26～30のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体に、成形後の再焼成を可能とする添加物が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項32】請求項31記載のヒートシンク材において、

前記成形後の再焼成を可能とする添加物が、SiC及び/又はSiであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項33】請求項26～32のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

10 前記金属に、界面の濡れ性改善のための低融点金属が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項34】請求項33記載のヒートシンク材において、

前記低融点金属がTe、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Se、Tl、Ca、Cd、Niから選択された1種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項35】請求項26～34のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

20 前記金属に、前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項36】請求項35記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための添加元素がNb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項37】請求項26～36のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

30 前記金属に、湯流れ性を向上させるため、固相/液相の温度範囲が30℃以上の元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項38】請求項37記載のヒートシンク材において、

前記添加元素がSn、P、Si、Mgから選択された1種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項39】請求項26～38のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

40 前記金属に、融点を低減させるための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項40】請求項39記載のヒートシンク材において、

前記添加元素がZnなどであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項41】請求項1～40のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の表面に、カーバイド層が形成されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項42】請求項41記載のヒートシンク材において、

前記カーバイド層の形成は、少なくとも前記カーボン又はその同素体と添加元素との反応に基づくものであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項43】請求項42記載のヒートシンク材において、

前記添加元素が、Ti、W、Mo、Nb、Cr、Zr、Be、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項44】請求項1～43のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属は、Cu、Al、Agから選択された少なくとも1種であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項45】請求項1～44のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

最小の熱伝導率をとる方向と、最大の熱伝導率をとる方向で、熱伝導率の比が1：5以下であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項46】カーボン又はその同素体を焼成してネットワーク化することによって多孔質焼結体を作製する焼成工程と、

金属を前記多孔質焼結体中に含浸させる含浸工程と、少なくとも前記金属が含浸された前記多孔質焼結体を冷却する冷却工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項47】請求項46記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記焼成工程は、容器内に前記カーボン又はその同素体を入れ、該容器内を加熱することにより、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体を作製することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項48】請求項46又は47記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記含浸工程は、容器内に入れられた前記金属の溶湯に前記多孔質焼結体を浸漬し、前記容器内に含浸用ガスを導入して前記容器内を加圧することにより、前記溶湯を多孔質焼結体中に含浸させることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項49】請求項48記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記加圧力が、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体の圧縮強度の4～5倍以下であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項50】請求項49記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記加圧力が、1.01～202MPa（10～2000気圧）であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項51】請求項46～50のいずれか1項に記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記冷却工程は、前記容器内の前記含浸用ガスを抜き、

速やかに冷却用ガスを導入して前記容器内を冷却することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項52】請求項46～51のいずれか1項に記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記焼成工程は、ケース内に前記カーボン又はその同素体を収容する工程と、前記ケース内を予熱して、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体を作製する工程とを有し、

前記含浸工程は、プレス機の金型に前記ケースを収容する工程と、前記ケース内に前記金属の溶湯を注湯する工程と、前記プレス機のパンチで前記溶湯を押し下げ圧入して前記ケース内の前記多孔質焼結体中に前記溶湯を含浸させる工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項53】請求項52記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記パンチによる圧入時の圧力が、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体の圧縮強度の4～5倍以下であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項54】請求項53記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記パンチによる圧入時の圧力が、1.01～202MPa（10～2000気圧）であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項55】請求項53又は54記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記金型として、前記多孔質焼結体に残存するガスを抜くためのガス抜き孔、又は、ガスを抜くための隙間部が形成された金型を用いることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項56】請求項46～55のいずれか1項に記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記冷却工程は、前記多孔質焼結体に前記金属が含浸された前記ヒートシンク材を、冷却ガスの吹き付けもしくは冷却水が供給されている冷却ゾーン又は冷却用金型で冷却することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項57】カーボン又はその同素体の粉体に、水又は結合材を混合する工程と、

前記混合物を所定圧力下で予備成形体を成形する工程と、

金属を前記予備成形体中に含浸させる含浸工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項58】金属が溶解した液体状態又は固液共存状態に、カーボン又はその同素体の粉体を混合する工程と、

前記混合物を鋳造成形する工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項59】カーボン又はその同素体の粉体と金属の粉体とを混合する混合工程と、

前記混合物をホットプレス機の金型内に入れ、所定温

度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項60】カーボン又はその同素体の粉体と金属の粉体とを混合する混合工程と、

前記混合物を予備成形して予備成形体とする予備成形工程と、

前記予備成形体をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項61】カーボン又はその同素体の粉碎裁断材料と金属の粉体とを混合し、予備成形して混合物を作製する混合工程と、

前記混合物をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項62】カーボン又はその同素体の粉碎裁断材料と金属の粉体とを混合する混合工程と、

前記混合物を予備成形して予備成形体とする予備成形工程と、

前記予備成形体をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項63】請求項59～62のいずれか1項に記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記所定温度が前記金属における融点の -10°C ～ -50°C であり、

前記所定圧力が $10.13\sim 101.32\text{MPa}$ ($100\sim 1000$ 気圧)であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項64】請求項59～63のいずれか1項に記載のヒートシンク材の製造方法において、

加圧工程後に、前記ヒートシンク材を前記金属における融点以上まで加熱することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項65】請求項46～64のいずれか1項に記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記金属は、Cu、Al、Agから選択された少なくとも1種であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばICチップから発生する熱を効率よく放熱させるヒートシンクを構成するためのヒートシンク材及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、ICチップにとって熱は大敵であり、内部温度が最大許容接合温度を超えないようにしなければならない。また、パワートランジスタや半導体整流素子等の半導体装置では、動作面積当たりの消費電力が大きいため、半導体装置のケース（パッケージ）やリードから放出される熱量だけでは、発生熱量を放出できず、装置の内部温度が上昇して熱破壊を引き起こすおそれがある。

【0003】この現象は、CPUを搭載したICチップにおいても同じであり、クロック周波数の向上に伴って動作時の発熱量が多くなり、放熱を考慮した熱設計が重要な事項となってきた。

【0004】前記熱破壊の防止等を考慮した熱設計においては、ICチップのケース（パッケージ）に放熱面積の大きいヒートシンクを固着することを加味した素子設計や実装設計が行われている。

【0005】前記ヒートシンク用の材料としては、一般に、熱伝導度の良好な銅やアルミニウム等の金属材料が使用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】近時、CPUやメモリ等のICチップにおいては、低消費電力を目的とした低電力駆動を図りながらも、素子の高集積化と素子形成面積の拡大に伴ってICチップ自体が大型化する傾向にある。ICチップが大型化すると、半導体基体（シリコン基板やGaAs基板）とヒートシンクとの熱膨張の差によって生じる応力が大きくなり、ICチップの剥離現象や機械的破壊が生じるおそれがある。

【0007】これを防止するためには、ICチップの低電力駆動の実現とヒートシンク材の改善が挙げられる。ICチップの低電力駆動は、現在、電源電圧として、従来から用いられてきたTTLレベル（5V）を脱して、3.3V以下のレベルが実用化されている。

【0008】一方、ヒートシンクの構成材料としては、単に熱伝導度を考えるのみでなく、半導体基体であるシリコンやGaAsと熱膨張率がほぼ一致し、しかも、熱伝導度の高い材料の選定が必要となってきた。

【0009】ヒートシンク材の改善に関しては、多種多様の報告があり、例えば窒化アルミニウム（AlN）を使用した例や、Cu（銅）-W（タングステン）を用いた例などがある。AlNは、熱伝導性と熱膨張性のバランスに優れており、特にSiの熱膨張率とほぼ一致することから、半導体基体としてシリコン基板を用いた半導体装置のヒートシンク材として好適である。

【0010】また、Cu-Wは、Wの低熱膨張性とCuの高熱伝導性を兼ね備えた複合材料であり、しかも、機械加工が容易であることから、複雑な形状を有するヒートシンクの構成材料として好適である。

【0011】また、他の例としては、SiCを主成分とするセラミック基材に金属Cuを20～40vol%の

割合で含有させたもの（従来例1：特開平8-279569号公報参照）や、無機物質からなる粉末焼結多孔質体にCuを5～30wt%含浸させたもの（従来例2：特開昭59-228742号公報参照）などが提案されている。

【0012】前記従来例1に係るヒートシンク材は、SiCと金属Cuの圧粉体を成形してヒートシンクを作製するという粉体成形であるため、熱膨張率と熱伝導率はあくまでも理論的な値であり、実際の電子部品等で求められる熱膨張率と熱伝導率のバランスを得ることができないという問題がある。

【0013】従来例2は、無機物質からなる粉末焼結多孔質体に含浸されるCuの比率が低く、熱伝導度を高める上で限界が生じるおそれがある。

【0014】一方、カーボンと金属を組み合わせた複合材料が開発され、実用化されているが、この複合材料は、金属をCuとした場合は、例えば放電加工用の電極として使用され、金属をPbとした場合は、例えば軸受部材として使用されており、ヒートシンク材として用途例が知られていない。

【0015】即ち、カーボンと金属を組み合わせた複合材料において、熱伝導率の高いものでも140W/mKであり、ICチップのヒートシンク材として必要な160W/mK以上を満足させることができないのが現状である。

【0016】本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができるヒートシンク材を提供することを目的とする。

【0017】また、本発明の他の目的は、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を有するヒートシンク材を容易に製造することができ、高品質のヒートシンクの生産性を向上させることができるヒートシンク材の製造方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明に係るヒートシンク材は、カーボン又はその同素体と、金属とを含み、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が160W/mK以上であることを特徴とする。これにより、セラミック基板や半導体基板（シリコン、GaAs）等と熱膨張率がほぼ一致し、熱伝導性のよいヒートシンク材を得ることができる。

【0019】また、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が180W/mK以上であって、かつ、熱膨張率が $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材も得ることができる。

【0020】前記同素体としては、グラファイトやダイヤモンドが好ましい。また、カーボン又はその同素体と

して、熱伝導率が100W/mK以上のものを使用することが好ましい。

【0021】そして、ヒートシンク材は、前記カーボン又はその同素体を焼成してネットワーク化することによって得られる多孔質焼結体に前記金属を含浸することにより構成することができる。

【0022】この場合、前記多孔質焼結体の気孔率が10vol%～50vol%であって、平均気孔径が0.1μm～200μmであることが好ましく、前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率は、前記カーボン又はその同素体が50vol%～80vol%、金属が50vol%～20vol%の範囲であることが好ましい。

【0023】また、前記カーボン又はその同素体に、該カーボン又はその同素体を焼成した際の閉気孔率を低減させる添加物を添加させることが好ましい。この添加物としては、SiC及び/又はSiを挙げることができる。

【0024】ヒートシンク材は、前記カーボン又はその同素体の粉体に、水又は結合材を混合し、所定圧力下で成形された予備成形体に、前記金属が含浸されて構成されていてもよい。この場合、粉体の平均粉末粒度が1μm～2000μmであり、前記粉体が最小の長さをとる方向と、最大の長さをとる方向で、その長さの比が1：5以下であることが好ましい。この場合、強いネットワークはないものの、任意の形状を作ることができる。

【0025】また、前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率が、前記カーボン又はその同素体が20vol%～80vol%、金属が80vol%～20vol%の範囲であることが好ましい。

【0026】また、ヒートシンク材は、前記金属が溶解した液体状態又は固液共存状態に、前記カーボン又はその同素体の粉体を混合し、鋳造成形されて構成されていてもよい。

【0027】なお、作製されたヒートシンク材の閉気孔率は12vol%以下であることが好ましい。

【0028】前記金属に、界面の濡れ性改善のための元素が添加されていることが好ましい。この添加元素としては、Te、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Tl、Ca、Cd、Niから選択された1種以上を採用することができる。特に、Niは、カーボンを溶解しやすく含浸しやすいという効果がある。

【0029】前記金属に、前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための元素を添加することが好ましい。この添加元素としては、Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を採用することができる。

【0030】前記金属に、湯流れ性を向上させるため、固相/液相の温度範囲が30℃以上、望ましくは50℃以上の元素を添加することが好ましい。これにより、含

浸の際のばらつきを低減することができるとともに、残留気孔が減少し強度の向上を図ることができる。なお、含浸圧力を上昇させても同様の効果を得ることができる。この添加元素としては、Sn、P、Si、Mgから選択された1種以上を採用することができる。また、前記金属に、前記融点を低減させるための元素を添加することが好ましい。この添加元素としては、例えばZnなどがある。

【0031】前記金属に、熱伝導率を向上させるための元素が添加されていることが好ましい。この場合、前記金属に、前記熱伝導率を向上させるための元素を添加し、熱処理、加工及びカーボンとの反応後、偏析等によって得られる合金の熱伝導率が10W/mK以上であるとよい。望ましくは20W/mK以上、さらに望ましくは40W/mK以上、最も望ましくは60W/mK以上であることが好ましい。

【0032】熱処理による効果は、添加元素の時効や焼鈍、加工の組合わせにより熱伝導率が向上することが知られており、この効果を利用したものである。また、カーボンとの反応により銅、アルミ、銀中の添加元素は減少し、熱伝導率が向上することも知られている。さらに、含浸金属が凝固する際に偏析等により添加元素が表面などに析出し、全体での熱伝導率が向上することも知られているので、これらの効果も利用することができる。

【0033】前記ヒートシンク材は、前記カーボン又はその同素体の粉体と前記金属の粉体とを混合し、所定圧力下で成形することでも構成することができる。この場合、前記カーボン又はその同素体の粉体と前記金属の粉体の平均粉末粒度が1 μ m～500 μ mであることが好ましい。

【0034】前記ヒートシンク材は、前記カーボン又はその同素体の粉砕裁断材と前記金属の粉体とを混合し、所定温度、所定圧力下で成形することでも構成することができる。

【0035】そして、上述のように成形によってヒートシンク材を構成する場合においては、前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率が、前記カーボン又はその同素体が20vol%～60vol%の範囲、金属が80vol%～40vol%の範囲であることが好ましい。これにより、熱伝導率が200W/mK以上であって、かつ、熱膨張率が $3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材を得ることができる。

【0036】この場合、前記カーボン又はその同素体に、成形後の再焼成を可能とする添加物を添加させることが好ましい。この添加物としては、SiC及び/又はSiを挙げることができる。

【0037】前記金属に、界面の濡れ性改善のための低融点金属が添加されていることが好ましい。この低融点金属としては、Te、Bi、Pb、Sn、Se、Li、

Sb、Se、Tl、Ca、Cd、Niから選択された1種以上を採用することができる。

【0038】前記金属に、前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための元素が添加されていることが好ましい。この添加元素としては、Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を採用することができる。

【0039】前記金属に、湯流れ性を向上させるため、固相/液相の温度範囲が30 $^{\circ}\text{C}$ 以上の元素、望ましくは50 $^{\circ}\text{C}$ 以上の元素を添加することが好ましい。これにより、含浸の際のばらつきを低減することができるとともに、残留気孔が減少し強度の向上を図ることができる。なお、含浸圧力を上昇させても同様の効果を得ることができる。この添加元素としては、Sn、P、Si、Mgから選択された1種以上を採用することができる。また、前記金属に、前記融点を低減させるための元素を添加することが好ましい。この添加元素としては、例えばZnなどがある。

【0040】そして、少なくとも前記カーボン又はその同素体と添加元素との反応によって、前記カーボン又はその同素体の表面にカーバイド層が形成されていてもよい。この場合、前記添加元素としては、Ti、W、Mo、Nb、Cr、Zr、Be、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を採用することができる。

【0041】また、前記カーボン又はその同素体と組み合わせられる前記金属としては、導電率の高い金属であるCu、Al、Agから選択された少なくとも1種を採用することができる。

【0042】また、本発明は、最小の熱伝導率をとる方向と、最大の熱伝導率をとる方向で、熱伝導率の比が1:5以下である。これにより、熱伝導率がほとんど等方性に近い特性を有するため、熱の拡散が良好でありヒートシンクとして使用する場合に好適である。また、設置方向をいちいち考慮する必要がなく、実装面で有利となる。

【0043】次に、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体を焼成してネットワーク化することによって多孔質焼結体を作製する焼成工程と、金属を前記多孔質焼結体中に含浸させる含浸工程と、少なくとも前記金属が含浸された前記多孔質焼結体を冷却する冷却工程とを有することを特徴とする。

【0044】これにより、セラミック基板や半導体基板（シリコン、GaAs）等と熱膨張率がほぼ一致し、熱伝導性のよいヒートシンク材を容易に製造することができる。高品質のヒートシンクの生産性を向上させることができる。

【0045】そして、前記焼成工程は、容器内に前記カーボン又はその同素体を入れ、該容器内を加熱することにより、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体を作製するようにしてもよい。

【0046】また、前記含浸工程は、容器内に入れられた前記金属の溶湯に前記多孔質焼結体を浸漬し、前記容器内に含浸用ガスを導入して前記容器内を加圧することにより、前記溶湯を多孔質焼結体中に含浸させるようにしてもよい。この場合、前記加圧力としては、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体の圧縮強度の4～5倍以下であること、あるいは1.01～202MPa（10～2000気圧）であることが好ましい。この場合の冷却工程として、前記容器内の前記含浸用ガスを抜き、速やかに冷却用ガスを導入して前記容器内を冷却するようにしてもよい。

【0047】他の製造方法としては、次の方法が挙げられる。即ち、前記焼成工程として、ケース内に前記カーボン又はその同素体を収容する工程と、前記ケース内を予熱して、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体を作製する工程とを有し、前記含浸工程として、プレス機の金型に前記ケースを収容する工程と、前記ケース内に前記金属の溶湯を注湯する工程と、前記プレス機のパンチで前記溶湯を押し下げ圧入して前記ケース内の前記多孔質焼結体中に前記溶湯を含浸させる工程とを有することである。

【0048】この場合、前記パンチによる圧入時の圧力を、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体の圧縮強度の4～5倍以下であること、あるいは1.01～202MPa（10～2000気圧）とすることが好ましい。また、前記金型として、前記多孔質焼結体に残存するガスを抜くためのガス抜き孔、又は、ガスを抜くための隙間部が形成された金型を用いることが好ましい。

【0049】また、前記冷却工程は、前記多孔質焼結体に前記金属が含浸された前記ヒートシンク材を、冷却ガスの吹き付けもしくは冷却水が供給されている冷却ゾーン又は冷却用金型で冷却するようにしてもよい。

【0050】本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体の粉体に、水又は結合材を混合する工程と、前記混合物を所定圧力下で予備成形体を成形する工程と、金属を前記予備成形体中に含浸させる含浸工程とを有することを特徴とする。

【0051】また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、金属が溶解した液体状態又は固液共存状態に、カーボン又はその同素体の粉体を混合する工程と、前記混合物を鋳造成形する工程とを有することを特徴とする。

【0052】また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体の粉体と金属の粉体とを混合する混合工程と、前記混合物をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とする。

【0053】また、本発明に係るヒートシンク材の製造

方法は、カーボン又はその同素体の粉体と金属の粉体とを混合する混合工程と、前記混合物を予備成形して予備成形体とする予備成形工程と、前記予備成形体をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とする。

【0054】また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体の粉碎裁断材料と金属の粉体とを混合し、予備成形して混合物を作製する混合工程と、前記混合物をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とする。

【0055】また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体の粉碎裁断材料と金属の粉体とを混合する混合工程と、前記混合物を予備成形して予備成形体とする予備成形工程と、前記予備成形体をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とする。

【0056】これらの製造方法において、前記所定温度は、前記金属における融点の -10°C ～ -50°C が好ましく、前記所定圧力は、10.13～101.32MPa（100～1000気圧）が好ましい。

【0057】また、これらの製造方法において、加圧工程後に、前記ヒートシンク材を前記金属における融点以上まで加熱するようにしてもよい。

【0058】さらに、前記金属は、Cu、Al、Agから選択された少なくとも1種であってもよい。

【0059】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るヒートシンク材及びその製造方法の実施の形態例を図1～図40を参照しながら説明する。

【0060】第1の実施の形態に係るヒートシンク材10-Aは、図1に示すように、カーボン又はその同素体を焼成してネットワーク化することによって得られる多孔質焼結体12に金属14が含浸されて構成されている。

【0061】この場合、前記カーボン又はその同素体として、熱伝導率が 100W/mK 以上、望ましくは 150W/mK 以上（気孔がない状態での推定値）、さらに望ましくは 200W/mK 以上（気孔がない状態での推定値）のものを使用することが好ましい。

【0062】本例では、熱伝導率が 100W/mK 以上のグラファイトで構成された多孔質焼結体12の開気孔部に銅を含浸させたヒートシンク材を示す。含浸する金属14としては、銅のほかに、アルミニウムや銀を使用することができる。

【0063】また、多孔質焼結体12と金属14との体積率は、多孔質焼結体12が $50\text{vol}\%$ ～ $80\text{vol}\%$ 、金属14が $50\text{vol}\%$ ～ $20\text{vol}\%$ の範囲としている。これにより、直交する3軸方向の平均又はいず

れかの軸方向の熱伝導率が $180 \sim 220 \text{ W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であるヒートシンク材を得ることができる。

【0064】前記多孔質焼結体12の気孔率としては、 $10 \text{ vol}\% \sim 50 \text{ vol}\%$ であることが望ましい。気孔率が $10 \text{ vol}\%$ 以下では、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の 180 W/mK （室温）の熱伝導率を得ることができず、 $50 \text{ vol}\%$ を超えると多孔質焼結体12の強度が低下し、熱膨張率を $15.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以下に抑えることができないからである。

【0065】前記多孔質焼結体12の平均開気孔径（気孔径）の値としては、 $0.1 \sim 200 \mu\text{m}$ が望ましい。前記気孔径が $0.1 \mu\text{m}$ 未満であると、開気孔内に金属14を含浸することが困難になり、熱伝導率が低下する。一方、前記気孔径が $200 \mu\text{m}$ を超えると、多孔質焼結体12の強度が低下し、熱膨張率を低く抑えることができない。

【0066】前記多孔質焼結体12の平均開気孔に関する分布（気孔分布）としては、 $0.5 \sim 50 \mu\text{m}$ に $90 \text{ vol}\%$ 以上分布することが好ましい。 $0.5 \sim 50 \mu\text{m}$ の気孔が $90 \text{ vol}\%$ 以上分布していない場合は、金属14が含浸していない開気孔が増え、熱伝導率が低下する可能性がある。

【0067】また、多孔質焼結体12に金属14を含浸して得たヒートシンク材10Aの開気孔率としては、 $12 \text{ vol}\%$ 以下であることが好ましい。 $5 \text{ vol}\%$ を超えると、熱伝導率が低下する可能性があるからである。

【0068】なお、前記気孔率、気孔径及び気孔分布の測定には、株式会社島津製作所製の自動ポロシメータ（商品名「オートポア9200」）を使用した。

【0069】この第1の実施の形態に係るヒートシンク材10Aにおいて、前記グラファイトに、該グラファイトを焼成した際の閉気孔率を低減させる添加物を添加させることが好ましい。この添加物としては、Si及び又はSiを挙げることができる。これにより、焼成時の閉気孔（クロズドポア）を減少させることができ、多孔質焼結体12に対する金属14の含浸率を向上させることができる。

【0070】また、グラファイト中に、該グラファイトと反応する元素を添加するようにしてもよい。この添加元素としては、Ti、W、Mo、Nb、Cr、Zr、Be、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を挙げることができる。これにより、グラファイトの焼成時に、該グラファイトの表面（開気孔の表面を含む）に反応層（カーバイド層）が形成され、グラファイトの開気孔に含浸される金属14との濡れ性が改善し、低压での含浸が可能になり、しかも、微細開気孔への含浸も可能になる。

【0071】一方、多孔質焼結体12に含浸される金属14に、Te、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、

Tl、Ca、Cd、Niから選択された1種以上を添加することが好ましい。これにより、多孔質焼結体12と金属14との界面の濡れ性が改善され、多孔質焼結体12の開気孔内に金属14が入り易くなる。特に、Niは、カーボンを溶解しやすく含浸しやすいという効果がある。

【0072】また、多孔質焼結体12に含浸される金属14に、Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を添加することが好ましい。これにより、グラファイトと金属との反応性が向上し、開気孔内においてグラファイトと金属とが密着し易くなり、閉気孔の発生を抑制することができる。

【0073】また、多孔質焼結体12に含浸される金属14に、湯流れ性を向上させるとともに残留気孔が減少するため、固相/液相の温度範囲が 30°C 以上、望ましくは 50°C 以上の元素、例えばSn、P、Si、Mgから選択された1種以上を添加することが好ましい。これにより、含浸の際のばらつきを低減することができるとともに、残留気孔が減少し強度の向上を図ることができる。なお、含浸圧力を上昇させても同様の効果を得ることができる。また、前記金属14に、融点を低減させるための元素を添加することが好ましい。この添加元素としては、例えばZnなどがある。

【0074】次に、この第1の実施の形態に係るヒートシンク材10Aを製造するためのいくつかの方法を図2A～図8を参照しながら説明する。

【0075】第1の実施の形態に係るヒートシンク材10Aを製造するための第1及び第2の製造方法は共に、グラファイトを焼成してネットワーク化することによって多孔質焼結体12を作製する焼成工程と、金属14を前記多孔質焼結体12中に含浸させる含浸工程とを有する。

【0076】そして、第1の製造方法は、具体的には図2A及び図2Bにその一例を示すように、高压容器30を使用することによって行われる。この高压容器30は、角筒状の筐体32における両側板34及び36のほぼ中央部分にそれぞれ回転軸38が設けられて、該回転軸38を中心として筐体32自体が回転できるようになっている。

【0077】筐体32内には、耐火容器40と該耐火容器40を加熱するためのヒータ42が設けられている。耐火容器40は、中空部44を有する角筒状の形状を有し、1つの側面における高さ方向中央部分に中空部44に連通する開口46が設けられている。中空部44のうち、開口46を中心として一方の中空部（以下、第1室44aと記す）には、含浸材料である金属14の塊、あるいは金属14の熔融金属が収容されるようになっている。

【0078】他方の中空部（以下、第2室44bと記す）は、被含浸試料である多孔質焼結体12が複数取り

付けられるようになっており、第2室44bが上方に位置しても、多孔質焼結体12が落下しないように多孔質焼結体12の支持機構が設けられている。なお、ヒータ42は、300MPaの高圧力下でも破壊されない構造とされている。

【0079】また、前記高压容器30には、真空引きのための吸気管48と、高圧力付与のためのガス及び冷却用ガスの導入管50及び導出管52が設けられている。

【0080】次に、前記高压容器30を用いた第1の製造方法について図3を参照しながら説明する。

【0081】まず、ステップS1において、グラファイトを棒状に成形する工程、ピッチ（コールタールの一種）を含浸させる工程及び加熱焼成する工程を経てグラファイトによる多孔質焼結体12を作製する。

【0082】グラファイトを棒状に成形するには、グラファイト粉体にピッチを混合して、150℃程度の雰囲気中で押しだし成形を行って棒状（φ100～φ600、長さ3000mm程度）のグラファイトを得る。このままの状態のグラファイトは、気孔が多くしかも熱伝導率が低い。

【0083】次に、グラファイトの気孔を減少させるために真空脱気を行い、その真空中でピッチを含浸させる。そして、1000℃程度で焼成しさらにピッチを含浸する工程を3回程度繰り返す。

【0084】そして、熱伝導率を向上させるために3000℃程度の炉の中でグラファイトを加熱焼成する。このとき、グラファイトが燃焼することを防止するために炉をカーボン粉末でカバーするとともに、グラファイト自身もカーボン粉末でカバーしておく。また、このグラファイトを加熱する工程は、グラファイトに直接通電することにより加熱焼成してもよい。

【0085】このようにすることで、多孔質焼結体12が得られるが、最終製品の形状によってはさらに予備加工をしておくことが望ましい。

【0086】その後、ステップS2において、高压容器30を初期状態にして、高压容器30内に設けられている耐火容器40の第1室44aを下方に位置させる。

【0087】その後、多孔質焼結体12と金属14の塊を高压容器30の耐火容器40内に入れ、金属14の塊を耐火容器40の第1室44a内に配置し、多孔質焼結体12を第2室44bにセットする（ステップS3）。このとき予め多孔質焼結体12を予熱しておくことが好ましい。予熱を行うには、多孔質焼結体12をカーボンケースに収納するか又は断熱材にて覆った状態で予熱を行い、所定の温度に達したらケースに収納するか又は断熱材にて覆った状態のまま上で上記のとおり第2室44bにセットする。

【0088】その後、高压容器30（及び耐火容器40）を密封した後、吸気管48を通じて高压容器30内の真空引きを行って該高压容器30内を負圧状態にする

（ステップS4）。

【0089】その後、ヒータ42に通電して第1室44aの金属14を加熱溶解する（ステップS5）。以下の説明では、加熱溶解された金属14を便宜的に「熔融金属14」とも記す。

【0090】その後、第1室44a内の熔融金属14が所定温度に達した段階で、高压容器30を180度転回させる（ステップS6）。この転回動作によって、第1室44aが上方に位置することから、第1室44a内の熔融金属14は、自重によって下方に位置する第2室44b内に落下し、この段階で、熔融金属14に多孔質焼結体12が浸された状態となる。

【0091】その後、ガス導入管50を通じて高压容器30内に含浸用ガスを導入して、該高压容器30内を加圧する（ステップS7）。この加圧処理によって、前記熔融金属14は多孔質焼結体12の開気孔部に含浸することとなる。

【0092】この含浸工程が終了した時点で直ちに冷却工程に移行する。この冷却工程は、まず、前記高压容器30を再び180度転回させる（ステップS8）。この転回動作によって、第1室44aが下方に位置することから、第2室44b内の熔融金属14は、再び第1室44a内に落下することになる。

【0093】前記ステップS7での加圧処理（含浸処理）によって、熔融金属14の一部が多孔質焼結体12の開気孔中に含浸されていることから、下方に位置する第1室44aに落下する熔融金属14は多孔質焼結体12に含浸されなかった残存熔融金属である。残存熔融金属が第1室44a内に落下した段階で、第2室44bには熔融金属14が含浸された多孔質焼結体12が残ることとなる。

【0094】その後、ガス導出管52を通じて高压容器30内の含浸用ガスを排気すると同時に、ガス導入管50を通じて冷却用ガスを高压容器30内に導入する（ステップS9）。この含浸用ガスの排気と冷却用ガスの導入によって、冷却用ガスが高压容器30内を満遍なく循環し、高压容器30は急速に冷却される。この速やかな冷却によって、前記多孔質焼結体12に含浸された熔融金属14が、急速に金属14の塊に固化して体積が膨張することから、含浸された金属14は多孔質焼結体12に強固に保持される。

【0095】他の冷却工程としては、図3において一点鎖線の枠内に示すように、前記ステップS8での処理が終了した段階で、高压容器30、あるいは熔融金属14が含浸された多孔質焼結体12を冷却ゾーンに搬送し、冷却ゾーンに設置されている冷やし金に接触させる方法がある（ステップS10参照）。

【0096】この冷やし金への接触によって多孔質焼結体12は急速に冷却されることになる。この冷却過程においては、多孔質焼結体12に冷却ガスを吹き付けた

り、冷やし金を水冷しながら行うようにしてもよく、特に、押湯効果を考慮して冷却した方が好ましい。

【0097】このように、第1の製造方法の各工程を踏むことにより、グラファイトによる多孔質焼結体12への金属14の含浸処理を容易に行うことができ、しかも、多孔質焼結体12への金属14の含浸率を向上させることができ、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が $180 \sim 220 \text{ W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であるヒートシンク材10Aを容易に得ることができる。

【0098】ただし、後述する多孔質焼結体にSiCを採用する場合は、室温から 200°C までの平均熱膨張率が $4.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ で、かつ直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が 160 W/mK （室温）以上、好ましくは 180 W/mK 以上であるヒートシンク材を得ることができる。

【0099】前記ステップS5において、ヒータ42に通電して第1室44aの金属14を加熱溶解する場合に、ステップS6に移行する所定温度（加熱温度）は、金属14の融点より $30^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ 高い温度がよく、好ましくは前記融点より $50^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 高い温度が望ましい。この場合、高压容器30内を $1 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ 以下の真空中にしておくことが好ましい。

【0100】また、前記ステップS7において、高压容器30内に含浸用ガスを導入することによって高压容器30に付与する圧力としては、 0.98 MPa 以上、 2.02 MPa 以下とする。この場合、 4.9 MPa 以上、 20.2 MPa 以下が好ましく、より好ましくは 9.8 MPa 以上、 20.2 MPa 以下であるとよい。

【0101】この圧力は、高压である方が含浸率の向上、冷却能力の向上の観点から好ましい。しかし、圧力が高すぎるとグラファイトの破損を生じやすくなり、また、高压に耐えうる設備のコストが高くなるので、これらの要素を勘案して圧力を選択する。

【0102】また、高压容器30への圧力の付与時間は1秒以上、60秒以下がよく、望ましくは1秒以上、30秒以下が好ましい。

【0103】なお、多孔質焼結体20の気孔としては、上述したように、平均直径が $0.5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ のものが $90 \text{ vol}\%$ 以上存在し、かつ、気孔率が $10 \text{ vol}\% \sim 50 \text{ vol}\%$ であることが望ましい。

【0104】ただし、後述する多孔質焼結体にSiCを採用する場合は、平均直径が $5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ のものが 90% 以上存在し、かつ、気孔率が $20 \text{ vol}\% \sim 70 \text{ vol}\%$ であることが望ましい。

【0105】一方、冷却工程における冷却速度は、含浸時の温度から 800°C までの期間において、 $-400^\circ\text{C}/\text{時間}$ 以上とすることが好ましく、より好ましくは $-800^\circ\text{C}/\text{時間}$ 以上が望ましい。

【0106】前記ステップS7において、高压容器30に付与する圧力は、多孔質焼結体12の開気孔部に金属14を完全に含浸させるために必要な圧力である。この場合、多孔質焼結体12に金属14が含浸されていない開気孔が残存すると、熱伝導性を著しく阻害するため、高い圧力を付与することが必要となる。

【0107】この圧力はその概略をワッシュバーン (Washburn) の式によって推定できるが、気孔径が小さいほど大きな力を必要とする。この式に従えば、 $0.1 \mu\text{m}$ φのとき 39.2 MPa 、 $1.0 \mu\text{m}$ φのとき 3.92 MPa 、 $10 \mu\text{m}$ φのとき 0.392 MPa の圧力が適当である。しかしながら、実際は平均気孔径が $0.1 \mu\text{m}$ φの材料は $0.01 \mu\text{m}$ φ以下の気孔も存在する（図31及び図32参照）ためにより大きい圧力が必要になる。具体的には $0.01 \mu\text{m}$ φには 392 MPa が必要である。

【0108】なお、グラファイトへの添加元素や金属への添加元素の好ましい例については、すでに述べたのでここではその説明を省略する。

【0109】次に、第1の製造方法のいくつかの変形例を図4及び図5を参照しながら説明する。

【0110】第1の変形例は、図4に示すように、まず、グラファイトを焼成して、グラファイトによる多孔質焼結体12を作製する（ステップS101）。高压容器30を初期状態にして、高压容器30内に設けられている耐火容器40の第1室44aを下方に位置させる（ステップS102）。

【0111】その後、多孔質焼結体12を第2室44bにセットし、予め溶融された金属（溶融金属）14を第1室44a内に流し込む（ステップS103）。

【0112】その後、第1室44a内の溶融金属14が所定温度に達した段階で、高压容器30を 180° 度転回させる（ステップS104）。この転回動作によって、第1室44a内の溶融金属14が下方に位置する第2室44bに落下し、この段階で、溶融金属14に多孔質焼結体12が含浸された状態となる。

【0113】その後、ガス導入管50を通じて高压容器30内に含浸用ガスを導入して、該高压容器30内を加圧する（ステップS105）。この加圧処理によって、前記溶融金属14は多孔質焼結体12の開気孔部に含浸することとなる。

【0114】次に、第2の変形例について図5を参照しながら説明する。この第2の変形例に係る含浸工程は、高压容器30内に設置されている耐火容器40の内部中央部分に、多孔質セラミック材からなる仕切板（図示せず）が設けられた高压容器30を用いる。耐火容器40内は、前記仕切板によって第1室44aと第2室44bとに仕切られることになる。

【0115】前記仕切板としては、気孔率が $40 \text{ vol}\% \sim 90 \text{ vol}\%$ で、かつ気孔径が $0.5 \text{ mm} \sim 3.0$

mmである多孔質セラミック材を用いることが望ましく、より好ましくは気孔率が70vol%～85vol%であり、かつ気孔径が1.0mm～2.0mmである多孔質セラミック材を用いることが望ましい。

【0116】そして、この第2の変形例では、図5に示すように、まず、グラファイトを焼成して、グラファイトによる多孔質焼結体12を作製する(ステップS201)。高压容器30を初期状態にして、高压容器30内に設けられている耐火容器40の第1室44aを下方に、第2室44bを上方に位置させる(ステップS202)。

【0117】その後、多孔質焼結体12と金属14の塊を高压容器30の耐火容器40内に入れ、金属14の塊を上方に位置する第2室44b内に配置し、多孔質焼結体12を下方に位置する第1室44aにセットする(ステップS203)。

【0118】その後、高压容器30(及び耐火容器40)を密封した後、吸気管48を通じて高压容器30内の真空引きを行って該高压容器30内を負圧状態にする(ステップS204)。

【0119】その後、ヒータ42に通電して第2室44bの金属14を加熱溶解する(ステップS205)。前記熔融金属14が所定温度に達した段階で、ガス導入管50を通じて高压容器30内に含浸用ガスを導入して、該高压容器30内を加圧する(ステップS206)。この加圧処理によって、上方に位置する第2室44b内の熔融金属14は、仕切板を通過し、下方に位置する第1室44a内の多孔質焼結体12の開気孔部に含浸されることになる。

【0120】次に、第2の製造方法について図6～図8を参照しながら説明する。この第2の製造方法では、図6に示すように、グラファイトを焼成して多孔質焼結体12を作製するための炉60と、図7に示すように、多孔質焼結体12に金属14を含浸させるためのプレス機62が使用される。

【0121】炉60は、図6に示すように、一般にはグラファイトを黒鉛化するために用いられるものであり、その内部にケース70が収容可能な空間72と、該空間72内に収容されたケース70を加熱するためのヒータ74が設けられている。ケース70はグラファイト、セラミックス、セラペーパー(アルミナ等のセラミックスから構成される断熱材)等の材料から構成される。そして、このケース70には、グラファイトが収容される。

【0122】プレス機62は、図7に示すように、上部開口の凹部80を有する金型82と、凹部80内に挿通可能とされ、かつ、凹部80内の内容物を押し下げ圧入するパンチ84とを有する。

【0123】次に、前記炉60とプレス機62を用いた第2の製造方法について図8を参照しながら説明する。

【0124】まず、ケース70内にグラファイトを入

れ、該ケース70を炉60内に収容する(ステップS301)。炉60内の雰囲気を加熱して、グラファイトを焼成し多孔質焼結体12を作製する(ステップS302)。

【0125】また、この工程においては、グラファイトに対して電流を通電することにより3000℃程度まで加熱して、多孔質焼結体12を作製するようにしてもよい。

【0126】その後、炉60から多孔質焼結体12をケース70ごと取り出して、プレス機62の凹部80内に多孔質焼結体12をケース70ごと収容する(ステップS303)。

【0127】次に、ケース70内に金属14の溶湯86を注湯した後(ステップS304)、パンチ84を凹部80内に挿通し、ケース70内の前記溶湯86を押し下げ圧入する(ステップS305)。このパンチ84の押圧処理によって、金属14の溶湯86は、多孔質焼結体12の開気孔部に含浸することとなる。

【0128】上述の第2の製造方法において、前記パンチ84による圧入時の圧力を1.01～202MPa(10～2000気圧)とすることが好ましい。また、図7に示すように、ケース70の底部や金型82の底部に、多孔質焼結体12に残存するガスを抜くためのガス抜き孔88及び90やガスを抜くための隙間部を形成するようにしてもよい。この場合、パンチ84の圧入時に、多孔質焼結体12に残存するガスがガス抜き孔88及び90を通して抜けるため、開気孔への溶湯86の含浸がスムーズに行われることになる。

【0129】このように、第2の製造方法の各工程を踏むことにより、グラファイトによる多孔質焼結体12への金属14の含浸処理を容易に行うことができ、しかも、多孔質焼結体12への金属14の含浸率を向上させることができ、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が1.80～2.20W/mK以上であって、かつ、熱膨張率が $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材10Aを容易に得ることができる。

【0130】上述の炉60の代わりに、予熱を利用する炉を使用してもよい。この場合、予め圧粉した材料またはグラファイトによる多孔質焼結体12を予熱する。この処理によってネットワーク化しているグラファイト(又は後述のSiC)に対して金属14が含浸しやすくなる。予熱の温度は、溶湯86と同程度の温度まで予熱することが望ましい。具体的には、溶湯86が1200℃程度であるならば、グラファイトの予熱温度は1000℃～1400℃が望ましい。

【0131】次に、第2の実施の形態に係るヒートシンク材10Bについて図9を参照しながら説明する。

【0132】第2の実施の形態に係るヒートシンク材10Bは、図9に示すように、カーボン又はその同素体の

粉体12aと金属14の粉体14aとを混合し、所定温度、所定圧力下で成形されて構成されている。

【0133】前記カーボン又はその同素体としては、熱伝導率が100W/mK以上、望ましくは150W/mK以上（気孔がない状態での推定値）、さらに望ましくは200W/mK以上（気孔がない状態での推定値）のものを使用することが好ましい。特に、この第2の実施の形態では、グラファイトのほかに、ダイヤモンドを使用することができる。本例では、熱伝導率が100W/mK以上のグラファイトの粉体と銅の粉体を混合し、成形して構成されたヒートシンク材10Bを示す。前記金属14としては、銅のほかに、アルミニウムや銀を使用することができる。

【0134】また、この第2の実施の形態に係るヒートシンク材10Bは、前記カーボン又はその同素体の粉碎裁断材（例えば炭素繊維の粉碎裁断材）と前記金属14の粉体14aとを混合し、所定温度、所定圧力下で成形して構成することもできる。

【0135】そして、前記所定温度としては、プレス型内での成形を考慮すると、前記金属14における融点の-10℃~-50℃が好ましく、前記所定圧力としては、10.13~101.32MPa（100~1000気圧）が好ましい。

【0136】また、前記カーボン又はその同素体の粉体12aと、金属14の粉体14aの平均粉末粒度は、 $1\mu\text{m}$ ~ $500\mu\text{m}$ であることが好ましい。カーボン又はその同素体と金属14との体積率は、カーボン又はその同素体が20vol%~60vol%、金属14が80vol%~40vol%の範囲としている。これにより、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が200~350W/mK以上であって、かつ、熱膨張率が $3\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ~ $14\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材10Bを得ることができる。

【0137】この第2の実施の形態に係るヒートシンク材10Bにおいて、カーボン又はその同素体に、成形後の再焼成を可能とする添加物を添加させることが好ましい。この添加物としては、SiC及び/又はSiを挙げることができる。これにより、成形後において、前記金属14の融点以上の温度での再焼成が可能となる。この場合、成形後に生じた粒同士が前記再焼成によって結合することになるため、熱伝導を阻害する粒界をほとんどなくすることができ、ヒートシンク材10Bの熱伝導率の向上を図ることができる。

【0138】また、カーボン又はその同素体中に、該カーボン又はその同素体と反応する元素を添加するようにしてもよい。この添加元素としては、Ti、W、Mo、Nb、Cr、Zr、Be、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を挙げることができる。これにより、成形時や再焼成時に、カーボン又はその同素体の表面に反応層（カーバイド層）が形成され、ヒートシンク材10

Bの表面における粒同士の結合を向上させることができる。

【0139】一方、前記金属14には、低融点金属、例えばTe、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Tl、Ca、Cd、Niから選択された1種以上を添加することが好ましい。これにより、カーボン又はその同素体と金属14との界面の濡れ性が改善され、熱伝導を阻害する粒界の発生を抑えることができる。なお、熱伝導の観点から、前記低融点金属は前記金属14に固溶しないことが好ましい。

【0140】また、前記金属14に、Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を添加することが好ましい。これにより、カーボン又はその同素体と金属14との反応性が向上し、この場合も、成形時における粒界の発生を抑えることができる。

【0141】また、前記金属14に、湯流れ性を向上させるとともに残留気孔を減少させるため、固相/液相の温度範囲が30℃以上、望ましくは50℃以上の元素、例えばSn、P、Si、Mgから選択された1種以上を添加することが好ましい。これにより、含浸の際のばらつきを低減することができるとともに、残留気孔が減少し強度の向上を図ることができる。なお、含浸圧力を上昇させても同様の効果を得ることができる。

【0142】また、前記金属14に、融点を低減させるための元素を添加することが好ましい。この添加元素としては、例えばZnなどがある。

【0143】次に、この第2の実施の形態に係るヒートシンク材10Bを製造するためのいくつかの方法（第3及び第4の製造方法）を図10~図14を参照しながら説明する。

【0144】まず、第3の製造方法は、具体的には図10及び図11にその一例を示すように、予備成形機100（図10参照）と、ホットプレス機102（図11参照）を使用することによって行われる。

【0145】予備成形機100は、図10に示すように、上部開口の凹部110を有する金型112と、凹部110内に挿通可能とされ、かつ、凹部110内の内容物を押し下げ圧入するパンチ114とを有する。ケース70には、カーボン又はその同素体の粉体12aと金属14の粉体14aとを混合したもの、即ち、混合物104が収容される。

【0146】ホットプレス機102は、図11に示すように、筒状の筐体120内に、基台を兼ねる下パンチ122と、該下パンチ122上に固定された上面開口の黒鉛製の耐火容器124と、該耐火容器124内に上方から進退自在とされた上パンチ126と、前記耐火容器124を加熱するためのヒータ128が設けられている。耐火容器124には、前記予備成形機100で成形された混合物104の予備成形体106が収容される。な

お、このホットプレス機102には、真空引きのための吸気管130が設けられている。

【0147】下パンチ122の内部には、耐火容器124内を加熱するための加熱用流体や耐火容器124内を冷却するための冷却用流体を流通させる通路132が設けられている。

【0148】そして、第3の製造方法は、図12に示す工程を踏むことにより行われる。まず、ケース70内にカーボン又はその同素体の粉体12aと金属14の粉体14aとを入れて混合して混合物104を得た後（ステップS401）、該混合物104が入ったケース70を予備成形機100における金型112の凹部110内に収容する（ステップS402）。その後、パンチ114を凹部110内に圧入して混合物104を予備成形して予備成形体106を成形する（ステップS403）。

【0149】次に、金型112から予備成形体106を取り出して、該予備成形体106をホットプレス機102における耐火容器124内に収容する（ステップS404）。耐火容器124を密封した後、吸気管130を通じて耐火容器124内の真空引きを行って該耐火容器124内を負圧状態にする（ステップS405）。その後、ヒータ128に通電して、耐火容器124内の温度を金属14の融点の -10°C 〜 -50°C にする（ステップS406）。

【0150】所定温度に達した段階で、上パンチ126を下方に移動させて、予備成形体106を加圧してヒートシンク材10Bを得る（ステップS407）。その後、加工工程等を経ることによって実際のヒートシンク材10Bとして使用される。但し、カーボン又はその同素体と金属14との結合力を高める元素が添加されている場合には、前記加圧後に、金属14の融点以上まで加熱してもよい。

【0151】なお、カーボン又はその同素体への添加元素や金属14への添加元素の好ましい例については、すでに述べたのでここではその詳細な説明を省略する。

【0152】このように、第3の製造方法の各工程を踏むことにより、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が $200\sim 350\text{W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $3\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\sim 14\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材10Bを容易に得ることができる。

【0153】次に、第4の製造方法について図13及び図14を参照しながら説明する。この第4の製造方法では、図14に示すように、予備成形機100は使用せずに、ホットプレス機102のみを使用することによって行われる。

【0154】即ち、図13に示すように、まず、ケース70内にカーボン又はその同素体の粉体12aと金属14の粉体14aとを入れて混合して混合物104を得た後（ステップS501）、ケース70内の混合物104

を直接ホットプレス機102における耐火容器124内に収容する（ステップS502）。耐火容器124を密封した後、吸気管130を通じて耐火容器124内の真空引きを行って該耐火容器124内を負圧状態にする（ステップS503）。その後、ヒータ128に通電して、耐火容器124内の温度を金属14の融点の -10°C 〜 -50°C にする（ステップS504）。

【0155】所定温度に達した段階で、上パンチ126を下方に移動させて、混合物104を加圧してヒートシンク材10Bを得る（ステップS505）。

【0156】この第4の製造方法においても、直交する3軸方向の平均又はいずれかの軸方向の熱伝導率が $200\sim 350\text{W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $3\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\sim 14\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材10Bを容易に得ることができる。

【0157】次に、第3の実施の形態に係るヒートシンク材10Cについて図15を参照しながら説明する。

【0158】第3の実施の形態に係るヒートシンク材10Cは、図15に示すように、カーボン又はその同素体の粉体12bとバインダー（結合体）等とを混合した混合物を加圧して予備成形体及びブロック（立方体、直方体、又は任意形状であってもよい）を成形し、さらに、このブロックに金属を含浸させて構成している。粉体12bは、第2の実施の形態で用いたカーボン又はその同素体の粉体12aと同じものでもよい。このヒートシンク材10Cは、最終形状に近い任意の形状に作ることができる。

【0159】前記カーボン又はその同素体としては、グラファイトのほかに、ダイヤモンドを使用することができる。また、金属14としては、銅のほかに、アルミニウムや銀を使用することができる。

【0160】また、前記カーボン又はその同素体の粉体12bの平均粉末粒度は、 $1\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ であり、前記粉体12bが最小の長さをとる方向と、最大の長さをとる方向で、その長さの比が1:5以下であることが好ましい。この場合、強いネットワークはないものの、最終形状に近い任意の形状に作ることができる。従って、後工程の加工を省略することも可能である。そして、カーボン又はその同素体の粉体12bと金属14との体積率は、カーボン又はその同素体が $20\text{vol}\%\sim 80\text{vol}\%$ 、金属14が $80\text{vol}\%\sim 20\text{vol}\%$ の範囲が望ましい。

【0161】また、カーボン又はその同素体の粉体12b中に、該カーボン又はその同素体と反応するための添加元素を添加することが望ましい。この添加元素は第2の実施の形態と同様に選択すればよい。

【0162】前記金属14には、第1の実施の形態の場合と同様に各添加元素を用いることが望ましい。つまり、濡れ性改善のための添加元素、カーボン又はその同素体と金属14との反応性を向上させるための添加元

素、湯流れ性を向上させるための添加元素、融点を低減させるための添加元素などである。

【0163】次に、第3の実施の形態の第5の製造方法について図16を参照しながら説明する。この第5の製造方法では、まず、カーボン又はその同素体の粉体12bに水、バインダー（結合材）を混合させて混合物を用意する（ステップS601）。

【0164】そして、その混合物を所定圧力で加圧して予備成形体を成形する（ステップS602）。加圧装置としてはプレス機62（図7参照）又は予備成形機100（図10参照）を用いるとよい。

【0165】次に、得られた予備成形体に熔融金属14を含浸しやすくするために予熱処理を行う（ステップS603）。この予熱温度は、例えば、熔融金属14が1200℃程度であるならば、グラファイトの予熱温度は1000℃～1400℃が望ましい。この予熱処理を行うことで、ステップS601において用いたバインダーを除去することもできる。

【0166】さらに、ステップS604において、予備成形体を焼成してブロックを成形する。焼成する方法は第1の実施の形態と同様に行う。

【0167】そして、予備成形体に熔融金属14を含浸させる（ステップS605）。この含浸工程は、第1の実施の形態で示した各含浸工程と同じ処理を行えばよい。例えば、高圧容器30（図2参照）を使用して、第1の製造方法（図3参照）におけるステップS2からステップS9の工程を行うことでヒートシンク材10Cを得ることができる。

【0168】この第5の製造方法によれば、ステップS602で行う加圧処理において、粉体の圧粉状況により熱膨張率と熱伝導率を所望の値に制御することができる。

【0169】また、得られたヒートシンク材10Cは、熱伝導率がより等方性になり、濡れ性、材料歩留まりも向上するという特徴を持つ。

【0170】さらに、金属14の方がネットワークになるので強度を上げることができ、残留気孔も減少させることができる。

【0171】またさらに、ヒートシンク材10Cを廉価に製造することができる。すなわち、含浸前のブロックは脆いためにそのままでは加工できない。しかし、粉末予備成形品は、そのものの形状に成形しておいてから含浸することができ、かつ、その後多少の塑性変形にも耐えうるため、複雑形状のヒートシンク材10Cを廉価に得ることができる。

【0172】この第5の製造方法においても、前述の各製造方法の場合と同様に、含浸させる金属14に炭化物を形成する元素を添加することで熱膨張を下げるができる。また、濡れ性等の改良元素を添加することにより含浸率を向上させることができる。

【0173】また、高い含浸圧力を付与した場合の方が、含浸率が上がり、強度、熱伝導率も向上する。

【0174】ここで、第5の製造方法による含浸実施例を図17に示す。図17の充填方法の欄で「無加圧」と表示されているものは、上記加圧工程ステップS602を省略して粉体を敷き詰めた混合物にそのまま金属14を含浸させたことを示している。また、「加圧」と表示されているものは、粉体1000cm³に水ガラス10cm³と水100cm³を添加して圧粉し、その後予熱時（1200℃）に水と水ガラスを除去させて成形したものである。

【0175】次に、第3の実施の形態に係るヒートシンク材10の第6の製造方法について図18を参照しながら説明する。この第6の製造方法では、まず、金属を溶解した熔融金属14又は固液共存状態の金属（固液共存金属）を用意する（ステップS701）。ここで、固液共存状態とは金属（一般には合金）を半融状態にしたもの、又は金属溶湯を冷却、攪拌して半凝固状態にしたものをいい、金属を加熱し直接的に半融状態にしたものと、一度完全に溶解した後に冷却して半凝固状態にしたものの両方を指す。

【0176】次に、カーボン又はその同素体の粉体12aを前記熔融金属14または固液共存状態の金属に混合させる（ステップS702）。

【0177】そして、この粉体12aを混合させた熔融金属14または固液共存金属を鑄造加工し、所望の形状に成形することでヒートシンク材10Cを得ることができる（ステップS703）。

【0178】第6の製造方法において得られたヒートシンク材10Cは、第5の製造方法により作製したものと同様の特徴を有する。

【0179】次に、1つの実験例（第1の実験例）を示す。この第1の実験例は、3種類のカーボン（P、M、N）について、含浸する金属14の種類、添加元素の種類、含浸方法を変えて、2方向の熱伝導率の違い、2方向の熱膨張率の違い、2方向の曲げ強度の違い、耐水性、添加元素の効果をそれぞれ見たものである。この実験例の結果を図19～図21に示す。また、3種類のカーボン（P、M、N）の各特性を図22に示す。

【0180】なお、耐水性は、デシケータ内に少量の水とサンプルを入れ、サンプルを水に浸さずに水の雰囲気曝した状態にして検査した。

【0181】まず、含浸方法として金型プレスを用いた場合について見てみると、熱伝導率については、添加元素を含んだ銅合金を含浸させたものの方が純銅を含浸させたものよりも全体に高くなっている。本来、純銅の方が熱伝導率が高いが、カーボンとの濡れ性が悪く、含浸しにくいこと、含浸後のカーボンと金属の界面で熱伝導率が低下することなどが原因と考えられる。

【0182】また、純アルミを含浸させたものは、カー

バイドを生成する効果とカーボンに対する濡れ性が高いため、純銅を含浸させた場合よりも熱伝導率の高いものが得られるが、添加元素を含む銅合金を含浸させたものの方が熱伝導率が高くなっている。

【0183】しかし、含浸方法としてガス加圧を用いた場合は、金型プレスによる場合よりも熱伝導率が高くなっており、ガス加圧によって純銅を含浸させたものの熱伝導率は、添加元素を含んだ銅合金を含浸させたものとはほぼ同じになっている。図23に、図19～図21に示す実験結果のうち、金型プレスによる場合とガス加圧による場合の各代表例を抽出して示す。

【0184】これは、ガス加圧の方が予熱温度及び溶湯温度の制御がやりやすいためである。もちろん、金型プレスにおいても、設備上の工夫をすることで同レベルの含浸特性（熱伝導率が高くなる）を得ることができる。

【0185】熱膨張率については、すべてのカーボンにおいて、純銅を含浸させたもの、銅合金を含浸させたもの、純アルミを含浸させたもので違いはなく、含浸方法によっても違いはなかった。

【0186】また、濡れ性を向上させる添加元素を含む銅合金を含浸させたものは、耐水性が良好であり、カーバイドの生成が容易になる添加元素を含む銅合金を含浸させたものは、カーボンのみよりも曲げ強度が向上していることがわかる。

【0187】また、これら各サンプルは、面方向と厚さ方向の熱伝導率の比が1:5以下となっており、ほとんど等方性に近い特性を有するため、ヒートシンクとして使用する場合に、設置方向をいちいち考慮する必要がなく、実装面で有利となる。

【0188】さらに、2つの実験例（第2及び第3の実験例）を示す。これらの実験例は、第1の実施の形態における、カーボンに金属を含浸させる含浸工程で、容器内を含浸加圧する際、含浸圧力を変えて、残留気孔、密度、均質化、圧縮強度、及び直交する2つの面方向における熱伝導率の違いをそれぞれ見たものである。

【0189】第2の実験例は、含浸圧力を26.7 MPa (272 kgf/cm²)、及び156.0 MPa (1592 kgf/cm²)で行った。この実験例の結果を図24に示す。

【0190】図24は、縦軸に気孔率（□で示す）、及び密度（○で示す）をとって、横軸に含浸圧力を取り、プロットしたものである。気孔率のプロットを□で示し、密度のプロットを○で示す。この実験結果から高い含浸圧力を付与した場合の方が、密度は大きくなり、しかも気孔率は減少していることがわかる。

【0191】また、カーボンの圧縮強度（規格：JIS R 1608 ファインセラミックスの圧縮強さ試験方法）は面方向で24.5～34.3 MPa (250～35 kgf/cm²)、厚さ方向で34.3～44.1 MPa (350～450 kgf/cm²)なので、この

実験から、上記含浸工程ではカーボンの圧縮強度の4～5倍の含浸圧力を付与した場合でも製造上問題のないことが確認できた。

【0192】第3の実験例は、含浸圧力を26.7 MPa (272 kgf/cm²)、及び60.0 MPa (612 kgf/cm²)で行った。この実験例の結果を図25～図29に示す。

【0193】図25は縦軸に測定密度をとって、横軸に各ロットの密度平均を取りプロットしたものである。

【0194】この図25から、含浸圧力を高くした方がロットごとの密度平均のばらつきが小さいことが分かる。

【0195】図26～図28は、横軸に含浸圧力をとって、縦軸にはそれぞれ、厚さ方向の熱伝導率、圧縮強度、及び密度をとってプロットしたものである。これらの図26～図28から、高い含浸圧力を付与した場合の方が、各特性とも値が向上していることがわかる。

【0196】図29は、直交する2つの面方向での熱伝導率の違いをプロットしたものである。一方をX方向として横軸にとり、もう一方をY方向として縦軸にとった。この図29から、高い含浸圧力を付与した場合の方が、面方向でのばらつきが少ないことがわかる。

【0197】前記第2及び第3の実験例では、含浸圧力を高くしたことで、金属14の含浸量が増えたことにより、各効果を奏したものと考えられる。

【0198】さらに、別の2つの実験例（第4及び第5の実験例）を示す。この第4及び第5の実験例は、第4の実施の形態において、カーボンに金属14を含浸させる含浸工程で、含浸加圧する際の含浸圧力と、金属14に添加する元素とを変えて、残留気孔の変化をそれぞれ見たものである。

【0199】第4の実験例は、含浸金属にCu0.1Nbを採用し、含浸圧力を加えない元素材と、27 MPa、48 MPa、及び60 MPaを加圧した場合で行った。この実験例の結果を図31に示す。

【0200】図31は横軸に気孔径、縦軸に残留気孔容積を取り、各含浸圧力の場合における違いを見たものである。この図31から、含浸圧力を上げることで含浸後の残留気孔率が減少していることが分かる。

【0201】第5の実験例は、含浸させる金属に元素を添加しない元素材と、Cu5Siを添加した場合及びCu0.1Nbを添加した場合であり、含浸圧力については27 MPaの場合と43 MPaの場合で実験した。この実験例の結果を図32に示す。

【0202】図32における元素材は、図31における元素材と同条件であるので、それぞれの波形はほぼ同じ形状になっている。

【0203】添加した元素のCu5Siは、固相/液相温度範囲が30℃以上あるので、Cu0.1Nbに比べて湯流れ性（濡れ性）がよい。その結果、Cu5Siを

添加したものの方が残留気孔が減少していることが分かる。また、含浸圧力を上げた方が含浸後の残留気孔が減少する傾向がみられるが、これは図31と同じ傾向といえる。また、残留気孔が減少することにより強度の向上を図ることができる。

【0204】次に、カーボン又はその同素体に代えて、SiCを多孔質焼結体として利用する場合について説明する。

【0205】SiCに濡れ性改善のための添加剤を入れるには、金属の成分に5%までの範囲で、Be、Al、Si、Mg、Ti、Niから選択された1種以上の添加元素を含むことが好ましい。これらの元素は、カーボンを多孔質焼結体として利用した場合とは異なるので注意する。

【0206】そして、SiCと金属14との濡れ性の向上を図って、SiCに予め1~10vol%、望ましくは3~5vol%のNiめっきを施すことが好ましい。この場合、低圧力での含浸を実現させることができる。ここでいう、Niめっきとしては、予熱時に溶融しないめっき処理が望ましく、例えばNi-P-WのめっきやNi-B-Wのめっき等が含まれる。

【0207】また、SiCと金属14との濡れ性の向上を図って、SiCに予めSiを1~10vol%、望ましくは3~5vol%含浸させることが好ましい。この場合も低圧力での含浸を実現させることができる。

【0208】そして、前記SiCに予め1~10vol%のNiめっきを施す、あるいは、予めSiを1~10vol%含浸させることに関連して、SiCに予めパラジウムめっきを施すようにしてもよい。この場合、前記パラジウムめっきに加えて、NiやSiとの複合めっきを施すことも可能である。

【0209】また、SiCと金属14は高温において反応が生じ、該SiCがSiとCに分解されて本来の機能が発揮されなくなる。そのため、SiCと金属14とが高温で直接接触する時間を短縮することが必要である。第1の処理条件（高压容器30に付与する圧力=0.98MPa（10kgf/cm²）以上、98MPa（1000kgf/cm²）以下）、第2の処理条件（加熱温度=金属14の融点より30℃~250℃高い温度）又は第3の処理条件（SiCに予め1~10vol%のNiめっきを施す）を満足させることにより、SiCと金属14との接触時間を短くすることができるため、前記のようなSiCの分解反応を事前に回避することができる。

【0210】また、SiCと金属14とは濡れ性が悪いことから、金属14を十分に含浸させるには高圧力をかけることが必要である。第3の処理条件（SiCに予め1~10vol%のNiめっきを施す）、又は第4の処理条件（SiCに予めSiを1~10vol%含浸させる）を行うことによりSiCの気孔表面が改質され、S

iCと金属14との濡れ性が良好となるため、より低圧力でより細かい気孔にまで金属14を含浸させることができる。

【0211】ここで、さらに別の実験例（第6の実験例）を示す。この第6の実験例は、SiCの気孔率、気孔径、Niめっきの有無、Si含浸の有無、含浸温度、加圧力、加圧時間、冷却速度を適宜変えて、そのときのSiC/Cuの反応状況とCuの含浸状況の違いをみたものである。その実験結果を図30の表図に示す。この図30において、SiC/Cuの反応状況は、SiCとCuとの間に形成された反応層の厚み（平均値）によって決定させた。その決定条件は、以下の通りである。また、この決定条件の根拠は、SiCとCuとの間に5μm以上の反応層が生じると、SiCとCu間の熱伝達が悪化し、半導体ヒートシンク用複合材料とした場合の熱伝導率が低下するからである。

【0212】・反応層の厚み（平均）が1μm以下 → 「反応無し」

・反応層の厚み（平均）が1μmを超え5μm以下 → 「反応少」

・反応層の厚み（平均）が5μmを超える → 「反応大」

【0213】この実験結果から、SiCの気孔率、気孔径、含浸温度、加圧力、加圧時間及び冷却速度についてそれぞれ所定範囲を満足するもの（サンプル3、7、8、11及び12）については、いずれもSiC/Cuの反応状況が「反応無し」で、かつCuの含浸状況が良好となっており、良好な結果が得られている。

【0214】これらサンプルのうち、サンプル3、7、11及び12については、NiめっきあるいはSi含浸を行っているため、Cuとの濡れ性が良好となり、加圧時間を短くしても前記のように良好な結果が得られた。また、サンプル8については、Niめっき及びSi含浸を行っていないが、加圧力を高くしたことによって、加圧時間を短くすることが可能となり、前記のように良好な結果が得られた。

【0215】一方、加圧力が前記所定範囲よりも低い0.78MPa（8kgf/cm²）であるサンプル1、5及び9については、Cuの含浸状況がいずれも不十分となっており、これらサンプルのうち、加圧時間が長いものについては（サンプル1及び5）、SiC/Cuの反応状況が「反応大」となっている。

【0216】なお、サンプル6について、SiC/Cuの反応状況が「反応少」にも拘わらず含浸状況が不十分となっているのは、気孔率及び気孔径がそれぞれ所定範囲を満たしていないからと考えられ、サンプル14について、含浸状況が良好であるにも拘わらずSiC/Cuの反応状況が「反応大」となっているのは、気孔径が所定範囲よりも大きく、加圧時間が比較的長いからと考えられる。

【0217】次に、多孔質焼結体にSiCを利用した実施の形態について説明する。まず、前記第1の実施の形態（第1の製造方法、第1の変形例、第2の変形例、及び第2の製造方法）において、SiCを利用する場合は、グラファイトを焼成して多孔質焼結体を作製する工程（ステップS1、ステップS101、ステップS201、ステップS301、及びステップS302）は不要であり、その後のステップでは同じ工程で製造することができる。

【0218】さらに、多孔質焼結体にSiCを利用した実施の形態として、第4の実施の形態に係る製造方法（第7の製造方法）について、図33～図36を参照しながら説明する。

【0219】この第7の製造方法は、具体的には図33にその一例を示すように、ホットプレス機1060を使用することによって行われる。このホットプレス機1060は、前記第2の実施の形態で説明したホットプレス機102とほぼ同じ構造であるが、便宜上、図を分けて説明する。

【0220】このホットプレス機1060は、筒状の筐体1062内に、基台を兼ねる下パンチ1064と、該下パンチ1064上に固定された上面開口の耐火容器1066と、該耐火容器1066内に上方から進退自在とされた上パンチ1068と、前記耐火容器1066を加熱するためのヒータ1070が設けられている。なお、このホットプレス機1060には、真空引きのための吸気管1072が設けられている。

【0221】前記耐火容器1066は、中空部1074を有する筒状の形状を有する。上パンチ1068は、その側面に、該上パンチ1068の行程（ストローク）を決定するフランジ部1076が設けられ、該フランジ部1076の下面には、前記耐火容器1066の上周面と接触して耐火容器1066を密閉状態にするためのパッキン1078が取り付けられている。一方、下パンチ1064の内部には、耐火容器1066内を加熱するための加熱用流体や耐火容器1066内を冷却するための冷却用流体を流通させる通路1080が設けられている。

【0222】そして、第7の製造方法は、図34に示す工程を踏むことにより行われる。

【0223】まず、耐火容器1066の中空部1074内に、下からSiC1020、多孔質セラミック製のフィルタ1054、金属14の塊の順で投入する（ステップS1301）。フィルタ1054としては、気孔率が40%～90%で、かつ気孔径が0.5mm～3.0mmである多孔質セラミック材を用いることが望ましく、より好ましくは気孔率が70%～85%で、かつ気孔径が1.0mm～2.0mmである多孔質セラミック材を用いることが望ましい。

【0224】また、前記フィルタ1054は、SiC1020と金属14の塊とを仕切って両者を非接触状態に

おく仕切板としての機能を果たし、中空部1074のうち、フィルタ1054上の金属14の塊がセットされた部分を上室1074a、フィルタ1054下のSiC1020がセットされた部分を下室1074bとして定義することができる。

【0225】次に、耐火容器1066を密封した後、吸気管1072を通じて耐火容器1066内の真空引きを行って該耐火容器1066の両室1074a及び1074b内を負圧状態にする（ステップS1302）。

【0226】その後、ヒータ1070に通電して上室1074a内の金属14を加熱溶解する（ステップS1303）。このとき、前記ヒータ1070への通電と併せて下パンチ1064の通路1080内に加熱用流体を流して耐火容器1066の内部を加熱するようにしてもよい。

【0227】上室1074a内の金属14の溶解物（熔融金属）が所定温度に達した段階で、上パンチ1068を下方に移動させて上室1074a内を所定圧まで加圧する（ステップS1304）。このとき、上パンチ1068のフランジ部1076に取り付けられたパッキン1078と耐火容器1066の上周面との接触及び互いの押圧により、耐火容器1066が密封され、内部の熔融金属が耐火容器1066の外に漏れるという不都合が有効に防止される。

【0228】所定圧になった上室1074a内の金属14の溶解物（熔融金属）は上室1074a内の圧力によってフィルタ1054を通して下室1074b側に押し出されて該下室1074b内に導入されると同時に、該下室1074b内に設置されたSiC1020に含浸される。

【0229】時間管理によって予め設定されている終点（SiC1020内への熔融金属14の含浸が飽和状態とされた時点）となった段階において、今度は、下パンチ1064内の通路1080に冷却用流体を流して耐火容器1066を下方から上方に向かって冷却させることにより（ステップS1305）、SiC1020に含浸された熔融金属14を凝固させる。凝固が完了するまで上パンチ1068と下パンチ1064による耐火容器1066内の加圧状態は保持される。

【0230】凝固が完了した時点で、金属14が含浸されたSiC1020を耐火容器1066から取り出す（ステップS1306）。

【0231】この製造方法においては、SiC1020と金属14とを十分に脱気しつつ加熱し、金属14を熔融した後、速やかにSiC1020に接触させ、かつ、これらを加圧状態とし、さらにその加圧状態を冷却操作完了時まで保持するようにしたので、SiC1020に金属14を効率的に含浸することができる。前記例では含浸処理を負圧下で行うようにしたが、常圧下で行ってもよい。

【0232】このように、熔融金属14とSiC1020を共に加圧下においた後に、互いに接触させて、含浸処理を行うようにしたので、両者を接触させる際の圧力低下を最小限にすることができ、含浸処理時における加圧状態を良好に保持させることができる。

【0233】前記例では、熔融金属14の漏れを防止するために、上パンチ1068におけるフランジ部1076の下面にパッキン1078を設けるようにしたが、図33の二点鎖線で示すように、耐火容器1066の上周面にパッキン1078を設けるようにしてもよい。また、図35Aに示すように、リング状の割型パッキン1100を2枚重ねにしたパッキン部材1102を、図36に示すように、上パンチ1068の下部に設けるようにしてもよい。この場合、パッキン部材1102の中空部1104に熔融金属が入り込むことにより各割型パッキン1100の直径が拡大し、結果的に上室1074aが密封されて熔融金属14の漏れが防止されることになる。

【0234】次に、第7の製造方法の変形例について図37及び図38を参照しながら説明する。なお、図33と対応する構成要素については同符号を付してその重複説明を省略する。

【0235】この変形例に係る製造方法においては、ホットプレス機1060として、図37に示すように、耐火容器1066における中空部1074の高さ方向中央部に多孔質セラミックスにて構成されたフィルタ部材1110が固着され、下室1074bの側面に扉1112が開閉自在に取り付けられたものが使用される。従って、耐火容器1066の中空部1074のうち、フィルタ部材1110よりも上の部分が上室1074aとなり、フィルタ部材1110よりも下の部分が下室1074bとなる。特に、下室1074bに取り付けられた扉1112に関しては、該扉1112を閉じたときに下室1074bが密封されるような構造が採用される。

【0236】そして、この変形例に係る製造方法は、図38に示す工程を踏むことにより行われる。

【0237】まず、耐火容器1066の上室1074a内に金属14の塊を投入し、下室1074bの扉1112を開いて該下室1074b内にSiC1020を投入する(ステップS1401)。

【0238】次に、扉1112を閉じて下室1074bを密封し、さらにホットプレス機1060を密封した後、吸気管1072を通じて耐火容器1066内の真空引きを行って該耐火容器1066の両室1074a及び1074b内を負圧状態にする(ステップS1402)。

【0239】その後、ヒータ1070に通電して上室1074a内の金属14を加熱溶解する(ステップS1403)。この場合も前記ヒータ1070への通電と併せて下パンチ1064の通路1080内に加熱用流体を流

して耐火容器1066の内部を加熱するようにしてもよい。

【0240】上室1074a内の金属14の溶解物(熔融金属)が所定温度に達した段階で、上パンチ1068を下方に移動させて上室1074a内を所定圧まで加圧する(ステップS1404)。

【0241】所定圧になった上室1074a内の金属14の溶解物(熔融金属)は上室1074a内の圧力によってフィルタ部材1110を通して下室1074b側に押し出されて該下室1074b内に導入されると同時に、該下室1074b内に設置されたSiC1020に含浸される。

【0242】時間管理によって予め設定されている終点となった段階において、今度は、下パンチ1064内の通路1080に冷却用流体を流して耐火容器1066を下方から上方に向かって冷却させることにより(ステップS1405)、SiC1020に含浸された熔融金属14を凝固させる。

【0243】凝固が完了した時点で、金属14が含浸されたSiC1020を耐火容器1066から取り出す(ステップS1406)。

【0244】この変形例に係る製造方法においても、第7の製造方法と同様に、SiC1020に金属14を効率的に含浸することができる。また、この変形例でも、熔融金属14とSiC1020を共に加圧下においた後に、互いに接触させて、含浸処理を行うようにしているため、両者を接触させる際の圧力低下を最小限にすることができ、含浸処理時における加圧状態を良好に保持させることができる。なお、この変形例では、負圧下で含浸処理を行うようにしたが、常圧下で行ってもよい。

【0245】さらに、多孔質焼結体にSiCを利用した実施の形態として、第5の実施の形態に係る製造方法(第8の製造方法)について、図39及び図40を参照しながら説明する。なお、図33と対応する構成要素については同符号を記してその重複説明を省略する。

【0246】この第8の製造方法は、前記第4の実施の形態に係る製造方法と原理的にはほぼ同じであるが、含浸工程において、SiC1020と金属14とを負圧下又は常圧下で接触させ、加熱処理して前記金属14を溶解する点で異なる。

【0247】具体的には、図33に示した第3の実施の形態に係る製造方法にて使用されるホットプレス機1060の耐火容器1066内にフィルタ1054を投入せずに、下からSiC1020、金属14の順に投入する点で異なる。

【0248】そして、第5の実施の形態に係る製造方法は、図40に示す工程を踏むことにより行われる。

【0249】まず、耐火容器1066の中空部1074内に、下からSiC1020、金属14の塊の順に投入する(ステップS1501)。

【0250】次に、ホットプレス機1060を密封した後、吸気管1072を通じて耐火容器1066内の真空引きを行って該耐火容器1066内を負圧状態にする(ステップS1502)。

【0251】その後、ヒータ1070に通電して耐火容器1066内の金属14を加熱溶解する(ステップS1503)。このとき、前記ヒータ1070への通電と併せて下パンチ1064の通路1080内に加熱用流体を流して耐火容器1066の内部を加熱するようにしてもよい。

【0252】耐火容器1066内の金属14の溶解物(溶融金属)が所定温度に達した段階で、上パンチ1068を下方に移動させて耐火容器1066内を所定圧まで加圧する(ステップS1504)。

【0253】所定圧になった金属14の溶解物(溶融金属)は耐火容器1066内の圧力によってSiC1020に含浸される。

【0254】時間管理によって予め設定されている終点(SiC1020内への溶融金属の含浸が飽和状態とされた時点)となった段階において、今度は、下パンチ1064内の通路1080に冷却用流体を流して耐火容器1066を下方から上方に向かって冷却することにより(ステップS1505)、SiC1020に含浸された溶融金属を凝固させる。凝固が完了するまで上パンチ1068と下パンチ1064による耐火容器1066内の加圧状態は保持される。

【0255】凝固が完了した時点で、金属14が含浸されたSiC1020を耐火容器1066から取り出す(ステップS1506)。

【0256】この第8の製造方法においても、SiC1020と金属14とを十分に脱気しつつ加熱し、金属14とSiC1020とを接触させた状態で金属14を溶融した後、耐火容器1066内を加圧状態とし、さらにその加圧状態を冷却操作完了時まで保持するようにしたので、SiC1020に金属14を効率的に含浸することができる。

【0257】なお、この発明に係るヒートシンク材及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0258】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るヒートシンク材によれば、実際の電子部品(半導体装置を含む)等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができる。

【0259】また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法によれば、実際の電子部品(半導体装置を含む)等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を有するヒートシンク材を容易に製造することができ、高品質のヒートシンクの生産性を向上させること

ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係るヒートシンク材の構成を示す斜視図である。

【図2】図2Aは第1の製造方法で使用される高压容器の正面を一部破断して示す図であり、図2Bは前記高压容器の側面を一部破断して示す図である。

【図3】第1の製造方法を示す工程ブロック図である。

10 【図4】第1の製造方法の第1の変形例を示す工程ブロック図である。

【図5】第1の製造方法の第2の変形例を示す工程ブロック図である。

【図6】第2の製造方法で使用される炉を示す構成図である。

【図7】第2の製造方法で使用されるプレス機を示す構成図である。

【図8】第2の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図9】第2の実施の形態に係るヒートシンク材の構成を示す斜視図である。

20 【図10】第3の製造方法で使用される予備成形機を示す構成図である。

【図11】第3の製造方法で使用されるホットプレス機を示す構成図である。

【図12】第3の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図13】第4の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図14】第4の製造方法で使用されるホットプレス機を示す構成図である。

30 【図15】第3の実施の形態に係るヒートシンク材の構成を示す斜視図である。

【図16】第5の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図17】第5の製造方法に係るヒートシンク材の特性を示す図表である。

【図18】第6の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図19】カーボンPにおける実験例の結果を示す図表である。

40 【図20】カーボンMにおける実験例の結果を示す図表である。

【図21】カーボンNにおける実験例の結果を示す図表である。

【図22】カーボンP、M、Nの特性を示す図表である。

【図23】実験結果のうち、金型プレスによる場合とガス加圧による場合の各代表例を抽出して示す図表である。

50 【図24】含浸圧力に対する気孔率及び密度の変化を示す特性図である。

【図25】各ロットの測定密度と密度平均との関係を示す特性図である。

【図26】含浸圧力に対する熱伝導率の変化を示す特性図である。

【図27】含浸圧力に対する圧縮強度の変化を示す特性図である。

【図28】含浸圧力に対する密度の変化を示す特性図である。

【図29】含浸圧力に対する熱伝導率の変化を示す特性図である。

【図30】SiCの気孔率、気孔径、Niめっきの有無、Si含浸の有無、含浸温度、加圧力、加圧時間、冷却速度を適宜変えたときのSiC/Cuの反応状況とCuの含浸状況の違いを示す表図である。

【図31】含浸圧力に対する残留気孔の変化を示す特性図である。

【図32】添加元素に対する残留気孔の変化を示す特性図である。

【図33】第7の製造方法に使用されるホットプレス機を示す概略構成図である。

【図34】第7の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図35】図35Aはパッキン部材を示す平面図であり、図35Bは図35AにおけるXXIVB-XXIVB線上の断面図である。

【図36】第7の製造方法に使用されるホットプレス機その他の例を示す概略構成図である。

【図37】第7の製造方法の変形例に使用されるホットプレス機を示す概略構成図である。

【図38】第7の製造方法の変形例を示す工程ブロック図である。

【図39】第8の製造方法に使用されるホットプレス機を示す概略構成図である。

【図40】第8の製造方法を示す工程ブロック図である。

【符号の説明】

10A、10B、10C…ヒートシンク材

12…多孔質焼結体

12a、12b…カーボン又はその同素体の粉体

14…金属

14a…金属の粉体

30…高压容器

40、124、10

66…耐火容器

60…炉

62…プレス機

70…ケース

82、112…金型

20 84、114…パンチ

86…溶湯

100、106…予備成形機

102、1060…

ホットプレス機

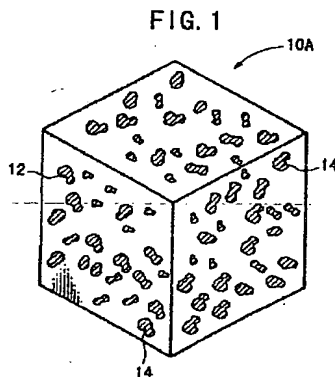
104…混合物

122…下パンチ、

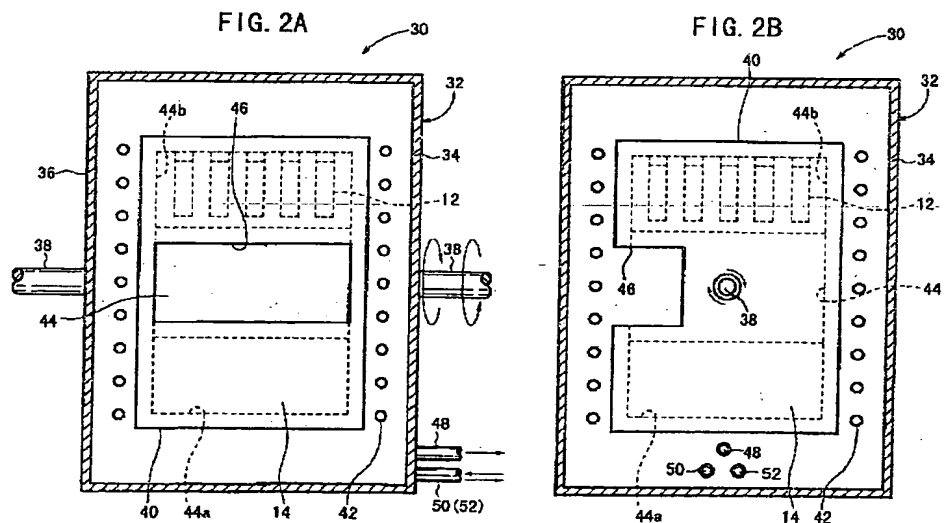
1064

126、1068…上パンチ

【図1】

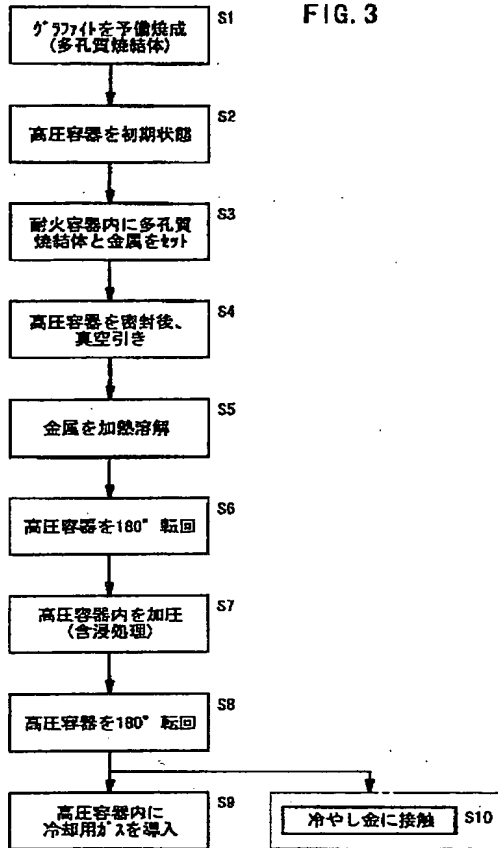


【図2】



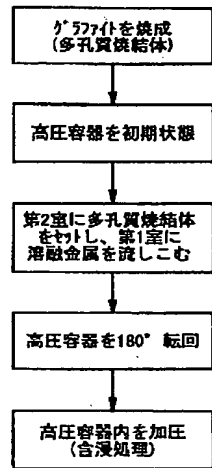
【図3】

FIG. 3



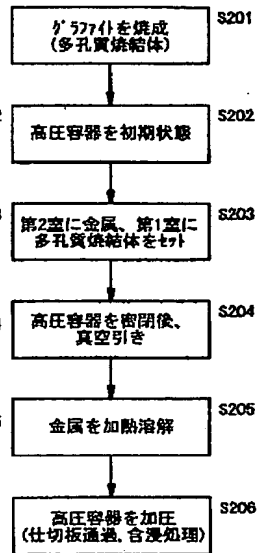
【図4】

FIG. 4



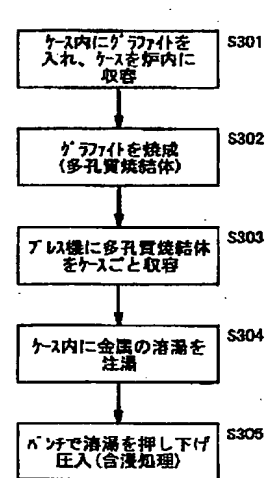
【図5】

FIG. 5



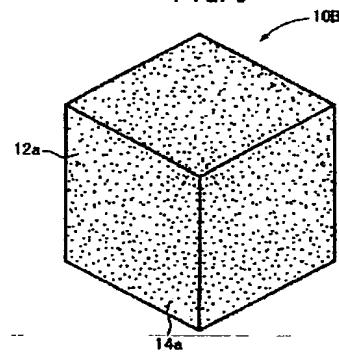
【図8】

FIG. 8



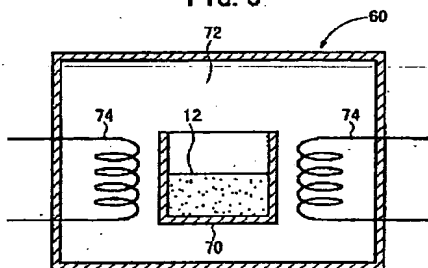
【図9】

FIG. 9



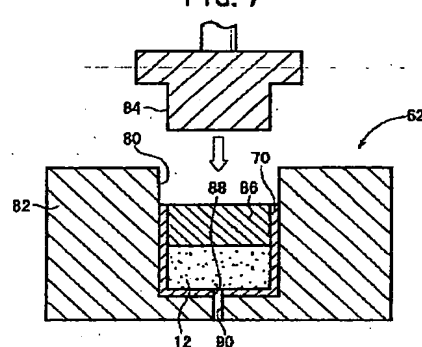
【図6】

FIG. 6



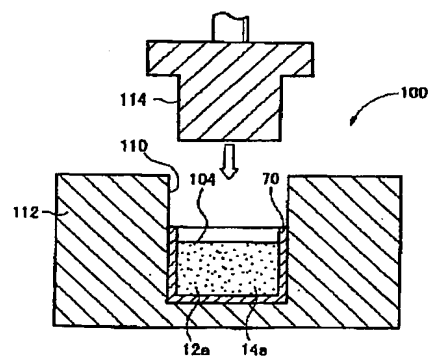
【図7】

FIG. 7



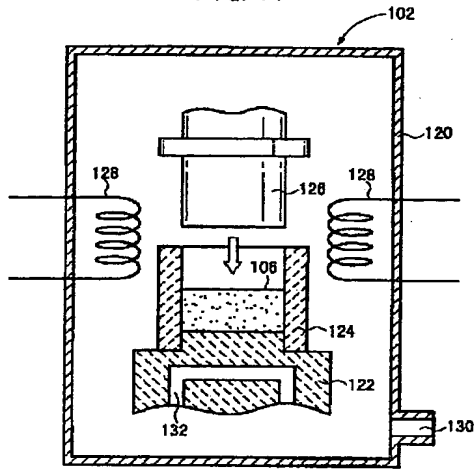
【図10】

FIG. 10



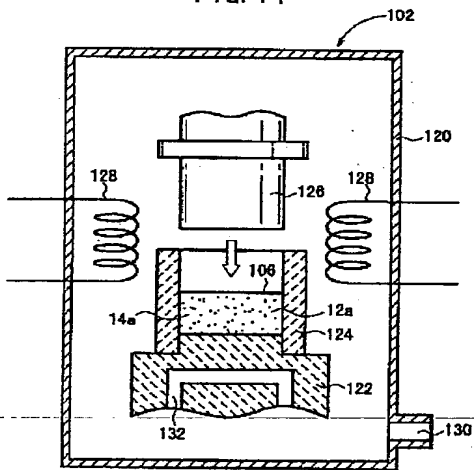
【図11】

FIG. 11



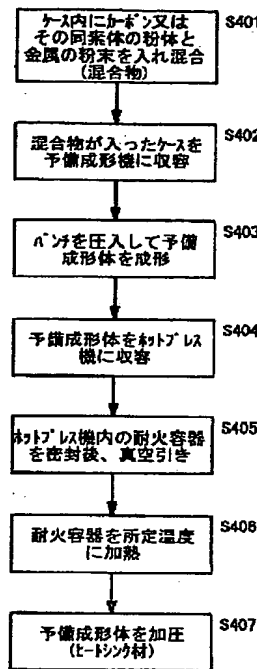
【図14】

FIG. 14



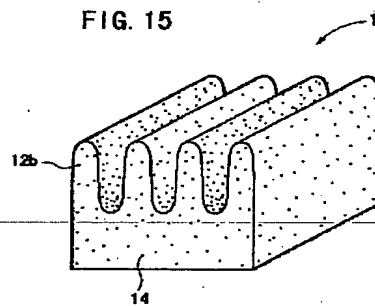
【図12】

FIG. 12



【図15】

FIG. 15



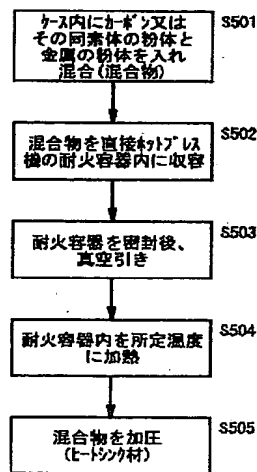
【図20】

FIG. 20

サンプル	サイズ (mm)	金属	元素	添加 量 (wt%)	含浸 方法	熱伝導率 (W/mK)		熱膨張率 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)		曲げ強度 (Mpa)		耐水 性	効果
						面	厚さ	面	厚さ	面	厚さ		
m1-1	20x80x60	Al	なし	なし	プレス	161	187	4.5	5.6	34.3	56.8	△	なし
m1-2	20x60x60	Cu	なし	なし	プレス	145	181	4.5	5.1	28.4	42.1	◎	なし
m2-1	20x80x80	Cu	Te	0.50	プレス	168	199	4.5	5.1	26.5	39.2	◎	濡れ性
m3-1	20x60x60	Cu	Be	1.00	プレス	184	213	4.5	5.1	36.3	59.8	△	カーバイド 生成
m3-2	20x60x60	Cu	Cr	0.50		170	193	4.5	5.1	37.2	60.8		
m3-3	20x60x60	Cu	Mn	0.50		185	192	4.5	5.1	35.3	57.8		
m3-4	20x120x190	Cu	Nb	0.05		162	192	4.5	5.1	35.3	57.8		
m3-5	20x80x80	Cu	Zr	0.05		169	207	4.5	5.1	35.3	57.8		
m3-6	20x60x60	Cu	Zr	0.50	ガス	158	182	4.5	5.1	32.3	52.9	◎	なし
m5-1	20x60x60	Cu	なし	なし		166	198	4.5	5.1	25.5	38.2		

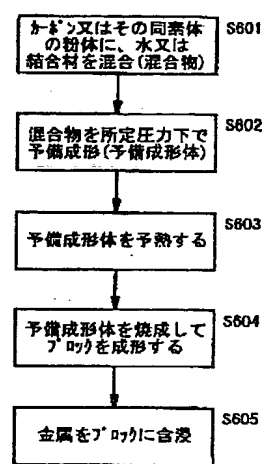
【図13】

FIG. 13



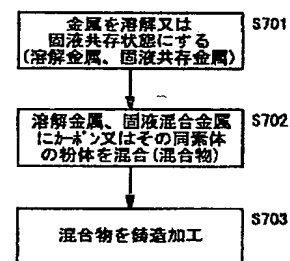
【図16】

FIG. 16



【図18】

FIG. 18



【図17】

FIG. 17

サンプル	サイズ (mm)	粉末 種類	粉末 粒度 (μm)	充填法	金属	添加 元素	添加量 (wt%)	含浸 方法	含浸 圧力 (MPa)	熱 伝導率 (W/mK)	熱 膨張率 ($\times 10^{-6}/\text{K}$)	耐水性	効果
PW-1	30×120×190	type -P	平均 120	無加圧	Cu	Nb	0.001	プレス	80.0	321	14.0	△	カーバイト 生成
PW-2	30×120×191	type -S	平均 50	無加圧	Cu	Nb	0.001	プレス	80.0	325	13.5	△	カーバイト 生成
PW-3	30×120×192	type -R	212- 1180	無加圧	Cu	Nb	0.001	プレス	60.0	305	13.6	△	カーバイト 生成
PW-4	30×120×193	type -P	平均 120	無加圧	Cu	Nb	0.001	プレス	60.0	321	14.0	△	カーバイト 生成
PW-5	30×120×194	type -P	平均 120	加圧 7MPa	Cu	Nb	0.001	プレス	80.0	311	11.5	△	カーバイト 生成
PW-6	30×120×195	type -P	平均 120	加圧 25MPa	Cu	Nb	1.001	プレス	60.0	301	9.5	△	カーバイト 生成

【図19】

FIG. 19

サンプル	サイズ (mm)	金属	元素	添加量 (wt%)	含浸 方法	熱伝導率 (W/mK)		熱膨張率 ($\times 10^{-6}/\text{K}$)		曲げ強度 (MPa)		耐 水 性	効果
						面	厚さ	面	厚さ	面	厚さ		
p1-1	20×60×60	Al	なし	なし	プレス	171	171	5.3	5.5	33.3	53.9	△	なし
p1-2	20×60×60	Cu	なし	なし	プレス	162	170	5.1	5.1	27.4	41.2	◎	なし
p2-1	20×60×60	Cu	Bi	2.00	プレス	168	178	5.0	5.1	28.4	45.1	◎	濡れ性
p2-2	20×60×60	Cu	Sb	0.50		178	188	5.0	5.1	27.4	41.2		
p2-3	20×60×60	Cu	Te	0.50		180	189	5.0	5.1	26.5	39.2		
p2-4	20×60×60	Cu	Te	2.00		172	178	4.8	5.0	25.5	38.2		
p2-5	20×60×60	Cu	Te, Bi	0.5, 0.5		169	176	5.0	5.0	26.5	39.2		
p2-6	20×60×60	Cu	Te, Pb	0.5, 2.0		172	185	5.0	5.0	27.4	41.2		
p3-1	20×60×60	Cu	Be	1.00	プレス	184	204	5.0	5.0	34.3	57.8	△	カーバイト 生成
p3-2	20×60×60	Cu	Cr	0.50		187	192	5.0	5.0	37.2	58.8		
p3-3	20×60×60	Cu	Mn	0.50		175	181	5.0	5.0	34.3	56.8		
p3-4	20×60×60	Cu	Nb	0.05		187	190	5.0	5.0	34.3	56.8		
p3-5	20×60×60	Cu	Zr	0.50		172	174	5.0	5.0	24.5	40.2		
p4-1	20×60×60	Cu	Te, Ni	0.5, 0.5	プレス	165	177	5.0	5.0	27.4	45.1	○	複合添加
p5-1	20×60×60	Cu	なし	なし	ガス	170	188	5.0	5.0	27.4	41.2	◎	なし
p6-1	10×65×180	Cu	Te	2.00	ガス	185	196	5.0	5.1	26.5	39.2	◎	濡れ性
p6-2	20×60×60	Cu	Te	2.00		192	204	5.0	5.0	28.4	42.1		

【図22】

FIG. 22

カーボンの 種類	熱伝導率 (W/mK)		熱膨張率 ($\times 10^{-6}/\text{K}$)		曲げ強度 (MPa)	
	面方向	厚さ方向	面方向	厚さ方向	面方向	厚さ方向
P	150	160	3.2	3.2	34.3	49.0
M	140	168	3.2	3.2	29.4	44.1
N	150	255	1.8	2.3	14.7	29.4

【図21】

FIG. 21

サンプル	サイズ (mm)	金属	添加 元素	添加量 (wt%)	合浸 方法	合浸 圧力 (Mpa)	熱伝導 率 (W/mK)	熱膨張率 ($\times 10^{-6}/K$)		曲げ強度 (MPa)		圧縮強度 (MPa)		耐水性	効果
								面	厚さ	面	厚さ	面	厚さ		
n1-1	20×60×60	Al	無	無	7/3	26.7	156	5.5	6.0	31.4	51.9	46.1	51.0	△	無
n1-4	20×120×190	Al	無	無	7/3	60.0	185	5.5	6.5					△	無
n1-2	20×60×60	Cu	無	無	7/3	26.7	150	3.8	4.5	26.5	39.2			◎	無
n1-3	20×120×190	Cu	無	無	7/3	26.7	147	3.9	4.5	26.5	39.2			◎	無
n2-1	20×60×60	Cu	Te	0.500	7/3	26.7	190	3.8	4.5	26.5	39.2			◎	濡れ性
n3-1	20×60×60	Cu	Be	1.000	7/3	26.7	183	3.8	4.5	38.2	62.7			△	カハイト生成
n3-2	20×120×190	Cu	Be	1.000	7/3	156.1	189	4.0	4.6	37.2	61.7			△	カハイト生成
n3-3	20×60×60	Cu	Cr	0.500	7/3	26.7	180	3.8	4.5	36.3	59.8			△	カハイト生成
n3-4	20×60×60	Cu	Mn	0.500	7/3	26.7	176	3.8	4.5	34.3	55.9	42.1	48.0	△	カハイト生成
n3-5	20×60×60	Cu	Nb	0.050	7/3	156.1	198	3.8	4.5	35.3	57.8			△	カハイト生成
n3-6	20×120×190	Cu	Nb	0.050	7/3	26.7	167	3.8	4.5	35.3	57.8			△	カハイト生成
n3-7	20×60×60	Cu	Zr	0.500	7/3	26.7	158	3.8	4.5	34.3	56.8			△	カハイト生成
n3-8	20×120×190	Cu	Nb	0.001	7/3	43.3	182	3.8	4.5					△	カハイト生成
n3-9	20×120×190	Cu	Nb	0.001	7/3	60.0	182	4.0	3.0					△	カハイト生成
n3-10	20×120×190	Cu	Nb	1.100	7/3	60.0	196	4.0	2.5					△	カハイト生成
n3-11	20×120×190	Cu	Be	1.900	7/3	60.0	186	4.0	3.5					△	カハイト生成
n3-12	20×120×190	Cu	Ni, Sn	9.4, 6.7	7/3	60.0	190	4.5						△	カハイト生成
n3-13	20×120×190	Cu	Ni, Si, P	1.0, 0.23, 0.04	7/3	60.0	190	353						◎	複合添加
n3-14	20×120×190	Cu	Mn	4.180	7/3	60.0	181	352						◎	複合添加
n3-15	20×120×190	Cu	Cr	2.870	7/3	60.0	195	387						△	カハイト生成
n3-16	20×120×190	Cu	Zr	4.490	7/3	60.0	207	367						△	カハイト生成
n3-17	20×120×190	Cu	Si	11.300	7/3	26.7	167	333						△	カハイト生成
n3-18	20×120×190	Cu	Si	10.900	7/3	60.0	159	316						◎	固液範囲拡大
n3-19	20×120×190	Cu	Si	5.170	7/3	153.0	165	343						◎	固液範囲拡大
n3-20	20×120×190	Cu	Si	5.300	7/3	43.3	163	325						◎	固液範囲拡大
n5-1	20×60×60	Cu	無	無	7/3	26.7	170	3.8	4.5	26.5	39.2			◎	無
n7-1	20×120×190	Al	Be	2.000	7/3	60.0	177	332	5.0	6.5				△	カハイト生成
n7-2	20×120×190	Al	Si	5.000	7/3	60.0	169	329	5.0	6.5				◎	固液範囲拡大
n7-3	20×120×190	Al	Si	12.000	7/3	60.0	181	327	5.0	6.5				◎	固液範囲拡大

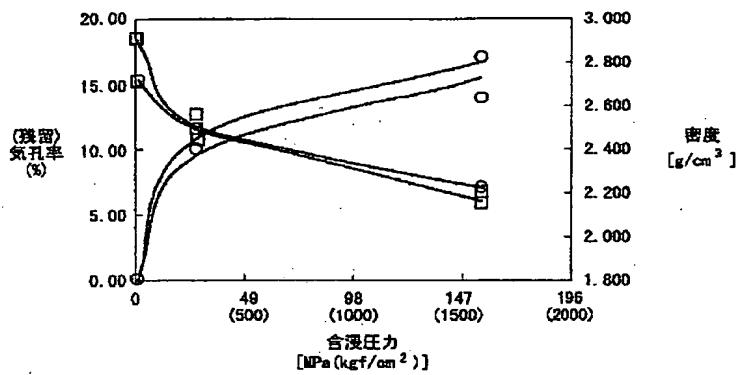
【図23】

FIG. 23

サンプル	サイズ (mm)	金属	元素	添加 量 (wt%)	含浸 方法	熱伝導率 (W/mK)		熱膨張率 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)		曲げ強度 (MPa)		耐 水 性	効果
						面	厚さ	面	厚さ	面	厚さ		
p1-2	20x80x80	Cu	なし	なし	プレス	162	170	5.1	5.1	27.4	41.2	⊕	なし
p5-1	20x80x80	Cu	なし	なし	ガス	170	188	5.0	5.0	27.4	41.2	⊕	なし
p2-4	20x80x80	Cu	Te	2	プレス	172	178	4.9	5.0	25.5	38.2	⊕	濡れ性
p6-2	20x80x80	Cu	Te	2	ガス	192	204	5.0	5.0	28.4	42.1	⊕	濡れ性
m1-2	20x80x80	Cu	なし	なし	プレス	145	181	4.5	5.1	28.4	42.1	⊕	なし
m5-1	20x80x80	Cu	なし	なし	ガス	166	198	4.5	5.1	25.5	38.2	⊕	なし
n1-2	20x80x80	Cu	なし	なし	プレス	150	310	3.8	4.5	26.5	39.2	⊕	なし
n5-1	20x80x80	Cu	なし	なし	ガス	170	320	3.8	4.5	26.5	39.2	⊕	なし

【図24】

FIG. 24



【図35】

FIG. 35A

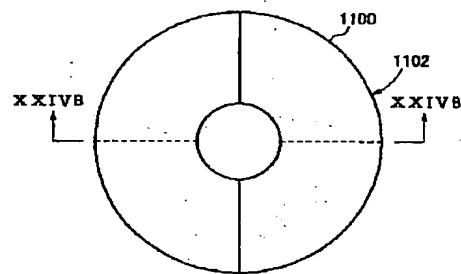
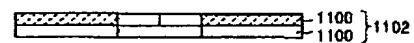
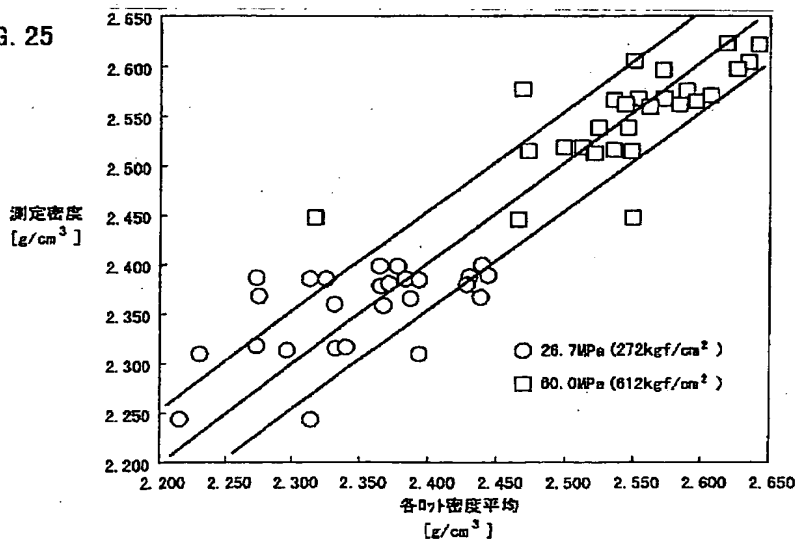


FIG. 35B



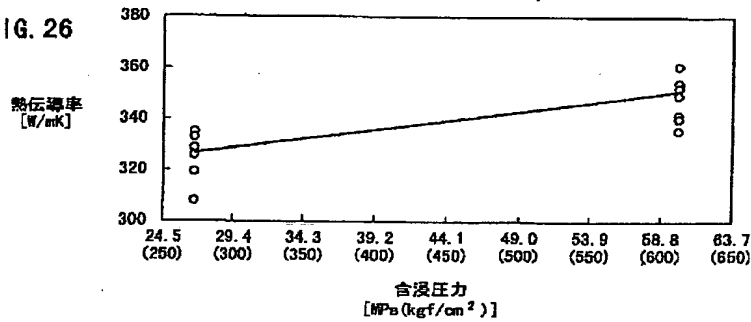
【図25】

FIG. 25



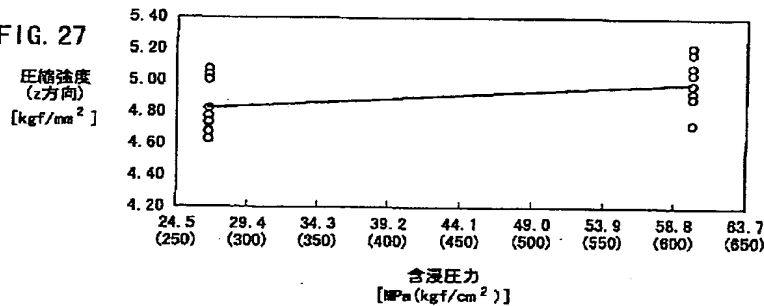
【図26】

FIG. 26



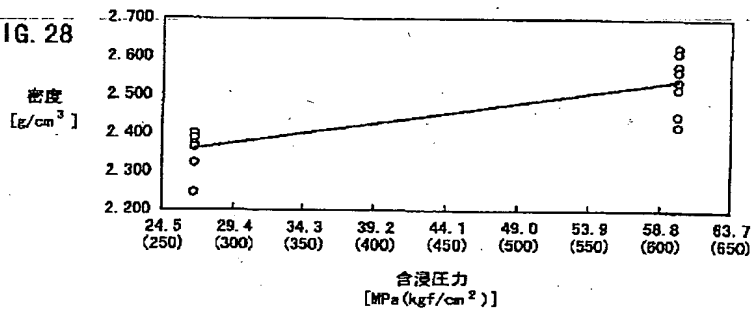
【図27】

FIG. 27



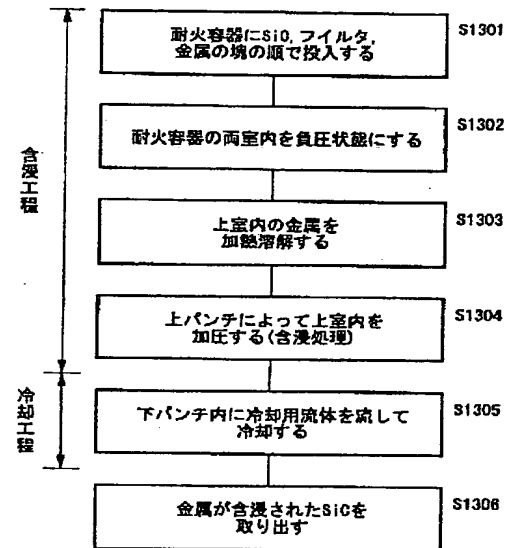
【図28】

FIG. 28



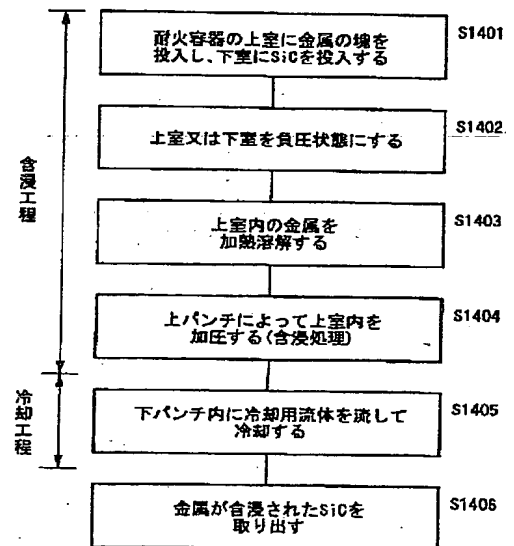
【図34】

FIG. 34

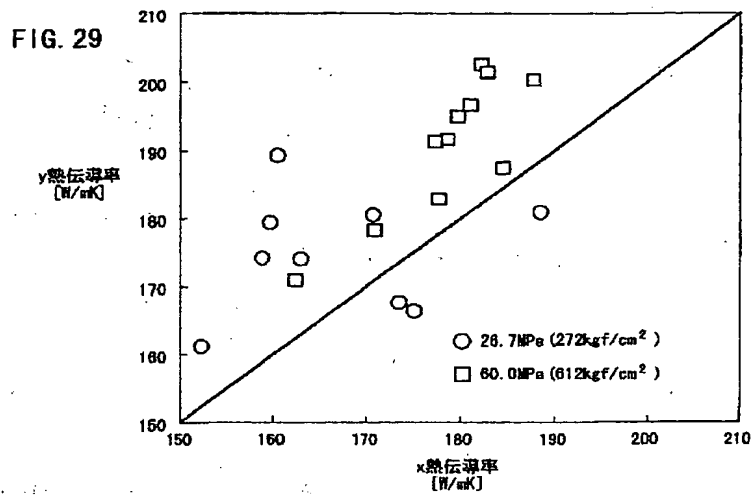


【図38】

FIG. 38

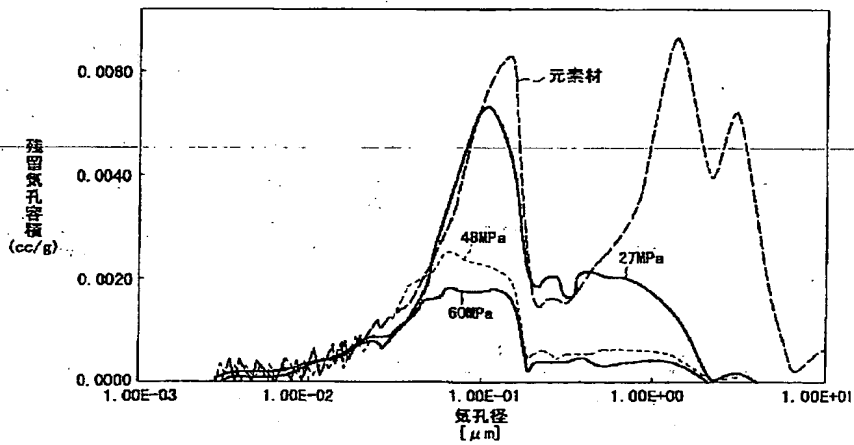


【図29】



【図31】

FIG. 31



【図30】

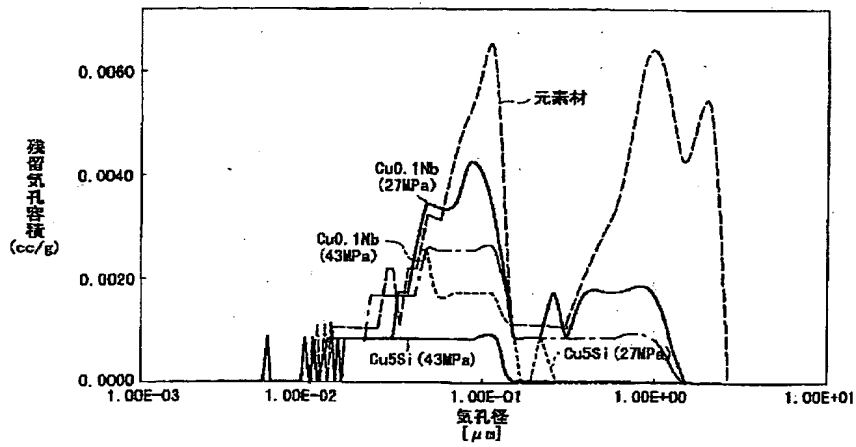
FIG. 30

No.	気孔率 [%]	気孔径 [μm]	Ni めっき	Si 含浸	含浸 温度 [$^{\circ}\text{C}$]	加圧力 [Mpa (kgf/cm 2)]	加圧時間 [sec]	冷却速度 [$^{\circ}\text{C}/\text{min}$]	Si/Cuの 反応状況	含浸状況
サンプル 1	35	70	無	無	1130	0.78(8)	60	260	Δ	Δ
サンプル 2	44	22	無	無	1130	7.84(80)	20	900	\circ	\circ
サンプル 3	59	42	無	有	1130	11.8(120)	10	480	\circ	\circ
サンプル 4	15	5	有	無	1130	23.5(240)	10	900	\circ	\circ
サンプル 5	59	42	無	有	1180	0.78(8)	60	900	Δ	Δ
サンプル 6	15	5	無	無	1180	3.92(40)	20	480	\circ	Δ
サンプル 7	59	42	無	有	1180	11.8(120)	10	900	\circ	\circ
サンプル 8	44	22	無	無	1180	23.5(240)	10	620	\circ	\circ
サンプル 9	44	22	無	有	1230	0.78(8)	20	480	\circ	Δ
サンプル 10	59	42	有	無	1230	3.92(40)	35	790	\circ	\circ
サンプル 11	35	70	無	無	1230	7.84(80)	100	620	\circ	\circ
サンプル 12	44	22	無	有	1280	23.5(240)	5	620	\circ	\circ
サンプル 13	59	42	無	無	1280	3.92(40)	50	790	\circ	\circ
サンプル 14	35	70	無	無	1280	7.84(80)	35	480	Δ	\circ
サンプル 15	44	22	有	無	1280	7.84(80)	5	620	\circ	\circ
サンプル 16	59	42	無	有	1280	11.8(120)	10	790	\circ	\circ
サンプル 17	20	21	無	無	1150	156.1	3	900	\circ	\circ
サンプル 18	20	19	無	無	1150	156.1	5	900	\circ	\circ
サンプル 19	20	23	無	無	1140	69.3	5	900	\circ	\circ
サンプル 20	20	22	無	無	1145	26.7	7	900	\circ	\circ

注) Si/Cuの反応 : \circ 反応無し \circ 反応少 Δ 反応大
 Cuの含浸状況 : \circ 含浸良好 \circ 含浸やや不十分 Δ 含浸不十分

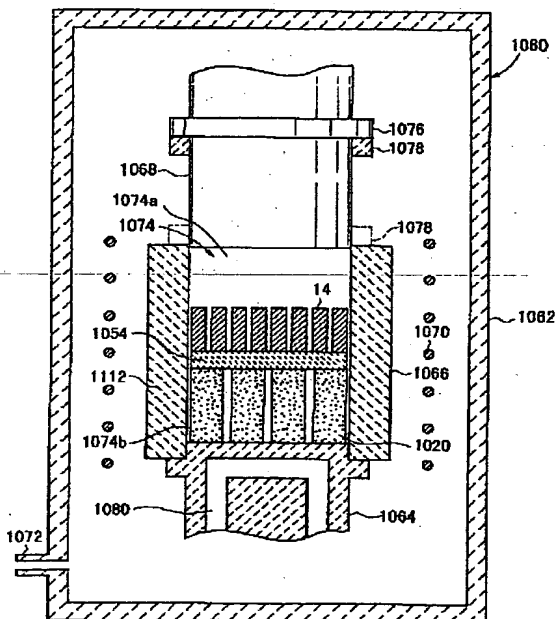
【図32】

FIG. 32



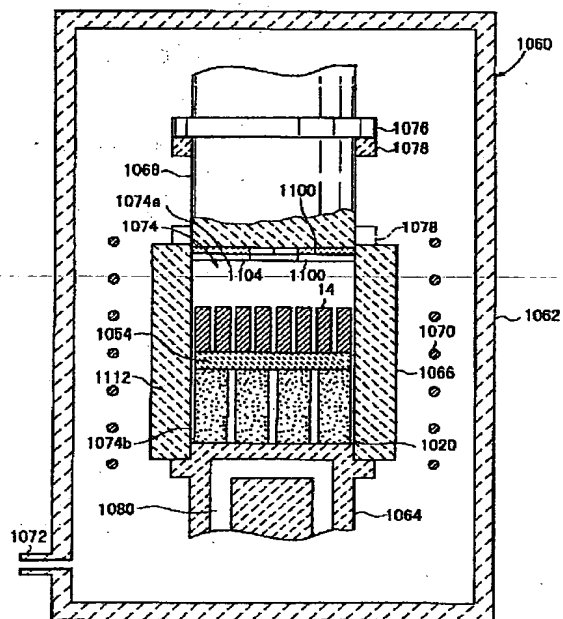
【図33】

FIG. 33



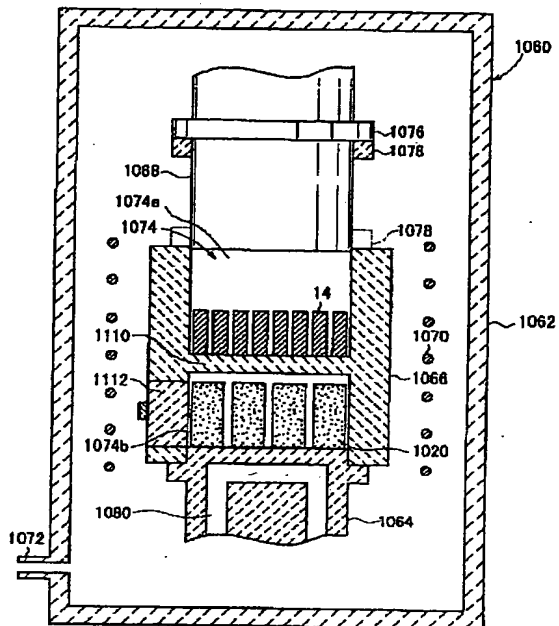
【図36】

FIG. 36



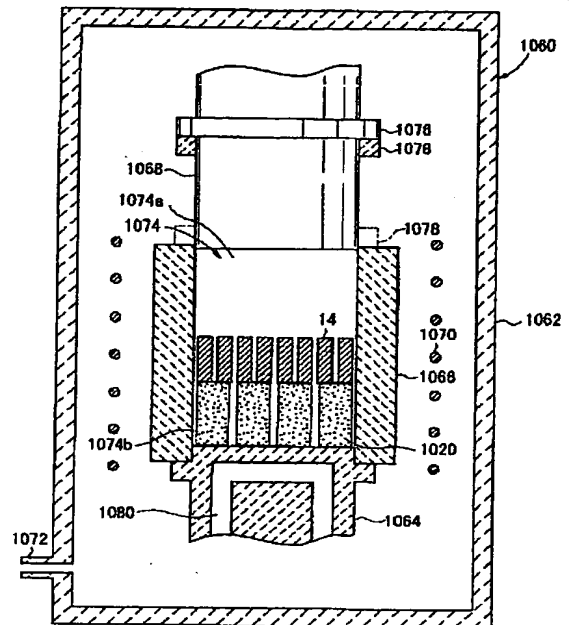
【図37】

FIG. 37



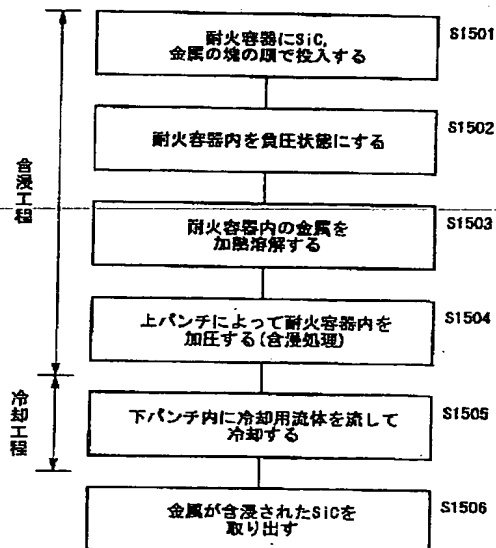
【図39】

FIG. 39



【図40】

FIG. 40



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード (参考)

C 2 2 C 1/05

C 2 2 C 1/05

E

P

1/10

E

G

1/10

H 0 1 L 23/36

M

(72)発明者 鈴木 健

愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 56 号 日
本碍子株式会社内

(72)発明者 安井 誠二

愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 56 号 日
本碍子株式会社内

(72)発明者 中山 信亮

愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 56 号 日
本碍子株式会社内

F ターム (参考) 4K018 AA02 AA04 AA15 AB07 AC01

AD17 DA19 EA06 FA35 KA32

4K020 AA22 AA24 AC01 AC04 AC05

(72)発明者 竹内 広幸

愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 56 号 日
本碍子株式会社内

BA02 BB23 BB26 BB29

5F036 AA01 BB01 BD01 BD11

JAPANESE

[JP,2001-339022,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION TECHNICAL
PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Heat sink material characterized by the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations being 160 or more W/mK including carbon or its allotrope, and a metal.

[Claim 2] Heat sink material characterized by for the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations being 180 or more W/mK in heat sink material according to claim 1, and coefficient of thermal expansion being $1 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $10 \times 10^{-6}/\text{degree C}$.

[Claim 3] Heat sink material characterized by said allotrope being graphite in heat sink material according to claim 1.

[Claim 4] Heat sink material characterized by said allotrope being a diamond in heat sink material according to claim 1.

[Claim 5] Heat sink material to which thermal conductivity is characterized by using the thing of 100 or more W/mK as said carbon or its allotrope in heat sink material according to claim 1.

[Claim 6] Heat sink material characterized by sinking into the porosity sintered compact obtained by calcinating and connecting by network said carbon or its allotrope in the heat sink material of a publication in claims 1 and 3 or any 1 term of 5, and said metal being constituted.

[Claim 7] Heat sink material characterized by for the porosity of said porosity sintered compact being 10vol(s)% - 50vol%, and an average pore diameter being 0.1 micrometers - 200 micrometers in heat sink material according to claim 6.

[Claim 8] Heat sink material to which said carbon or its allotrope is characterized by the range of 50vol(s)% - 80vol% and a metal being 50vol(s)% - 20vol% for the rate of the volume of carbon, or said its allotrope and said metal in heat sink material according to claim 6 or 7.

[Claim 9] Heat sink material characterized by adding the additive which reduces the rate of a closed pore at the time of calcinating this carbon or its allotrope to said carbon or its allotrope in heat sink material given in any 1 term of claims 6-8.

[Claim 10] Heat sink material to which the additive which reduces said rate of a closed pore is characterized by being SiC and/or Si in heat sink material according to claim 9.

[Claim 11] Heat sink material characterized by sinking into the preforming object which mixed water or binding material to the fine particles of said carbon or its allotrope, and was fabricated under the predetermined pressure in heat sink material given in claims 1 and 3 or any 1 term of 5, and said metal being constituted.

[Claim 12] Heat sink material which the average powder grain size of the fine particles of said carbon or its allotrope is 1 micrometer - 2000 micrometers, and is characterized by the ratio of the die length being 1:5 or less in heat sink material according to claim 11 towards taking the direction where said fine particles take the minimum die length, and the greatest die length.

[Claim 13] Heat sink material to which said carbon or its allotrope is characterized by the range of 20vol(s)% - 80vol% and a metal being 80vol(s)% - 20vol% for the rate of the volume of carbon, or said its allotrope and said metal in heat sink material according to claim 11 or 12.

[Claim 14] Heat sink material characterized by mixing the fine particles of said carbon or its allotrope, carrying out casting shaping and being constituted by the liquid condition or solid-liquid coexistence condition which said metal dissolved in heat sink material given in claims 1 and 3 or any 1 term of 5.

[Claim 15] Heat sink material characterized by the rate of a closed pore being less than [12vol%] in heat sink material given in any 1 term of claims 6-14.

[Claim 16] Heat sink material characterized by the element for a wettability improvement of an interface being added by said metal in heat sink material given in any 1 term of claims 6-15.

[Claim 17] Heat sink material characterized by being one or more sorts as which the alloying element for a wettability improvement of said interface was chosen from Te, Bi, Pb, Sn, Se, Li, Sb, Tl, calcium, Cd, and nickel in heat sink material according to claim 16.

- [Claim 18] Heat sink material characterized by adding the element for raising reactivity with said carbon or its allotrope to said metal in heat sink material given in any 1 term of claims 6-17.
- [Claim 19] Heat sink material to which the alloying element for raising reactivity with said carbon or its allotrope is characterized by being one or more sorts chosen from Nb, Cr, Zr, Be, Ti, Ta, V, B, and Mn in heat sink material according to claim 18.
- [Claim 20] Heat sink material to which the temperature requirement of solid phase/liquid phase is characterized by adding the element 30 degrees C or more in heat sink material given in any 1 term of claims 6-19 in order to raise fluidity nature to said metal.
- [Claim 21] Heat sink material characterized by being one or more sorts as which said alloying element was chosen from Sn, P, Si, and Mg in heat sink material according to claim 20.
- [Claim 22] Heat sink material characterized by adding the element for reducing the melting point to said metal in heat sink material given in any 1 term of claims 6-21.
- [Claim 23] Heat sink material characterized by said alloying element being Zn etc. in heat sink material according to claim 22.
- [Claim 24] Heat sink material characterized by adding the element for raising thermal conductivity to said metal in heat sink material given in any 1 term of claims 6-23.
- [Claim 25] Heat sink material characterized by the heat conductivity of the alloy which adds the element for raising said heat conductivity to said metal in heat sink material according to claim 24, and is obtained by a segregation etc. after heat treatment, processing, and a reaction with carbon being 10 or more W/mK.
- [Claim 26] Heat sink material characterized by mixing the fine particles of said carbon or its allotrope, and the fine particles of said metal, being fabricated and consisting of under a predetermined pressure in heat sink material given in any 1 term of claims 1-5.
- [Claim 27] Heat sink material characterized by the average powder grain size of the fine particles of said carbon or its allotrope and the fine particles of said metal being 1 micrometer - 500 micrometers in heat sink material according to claim 26.
- [Claim 28] Heat sink material characterized by mixing the grinding decision material of said carbon or its allotrope, and the fine particles of said metal, being fabricated and consisting of under predetermined temperature and a predetermined pressure in heat sink material given in any 1 term of claims 1-5.
- [Claim 29] Heat sink material to which said carbon or its allotrope is characterized by the range of 20vol(s)% - 60vol% and a metal being 80vol(s)% - 40vol% for the rate of the volume of carbon, or said its allotrope and said metal in heat sink material given in any 1 term of claims 26-28.
- [Claim 30] Heat sink material characterized by for thermal conductivity being 200 or more W/mK, and coefficient of thermal expansion being $8 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $14 \times 10^{-6}/\text{degree C}$ in heat sink material given in any 1 term of claims 26-29.
- [Claim 31] Heat sink material characterized by adding the additive which enables re-baking after shaping at said carbon or its allotrope in heat sink material given in any 1 term of claims 26-30.
- [Claim 32] Heat sink material to which the additive which enables re-baking after said shaping is characterized by being SiC and/or Si in heat sink material according to claim 31.
- [Claim 33] Heat sink material characterized by the low melting point metal for a wettability improvement of an interface being added by said metal in heat sink material given in any 1 term of claims 26-32.
- [Claim 34] Heat sink material characterized by being one or more sorts as which said low melting point metal was chosen from Te, Bi, Pb, Sn, Se, Li, Sb, Se, Ti, calcium, Cd, and nickel in heat sink material according to claim 33.
- [Claim 35] Heat sink material characterized by adding the element for raising reactivity with said carbon or its allotrope to said metal in heat sink material given in any 1 term of claims 26-34.
- [Claim 36] Heat sink material to which the alloying element for raising reactivity with said carbon or its allotrope is characterized by being one or more sorts chosen from Nb, Cr, Zr, Be, Ti, Ta, V, B, and Mn in heat sink material according to claim 35.
- [Claim 37] Heat sink material to which the temperature requirement of solid phase/liquid phase is characterized by adding the element 30 degrees C or more in heat sink material given in any 1 term of claims 26-36 in order to raise fluidity nature to said metal.
- [Claim 38] Heat sink material characterized by being one or more sorts as which said alloying element was chosen from Sn, P, Si, and Mg in heat sink material according to claim 37.
- [Claim 39] Heat sink material characterized by adding the element for reducing the melting point to said metal in heat sink material given in any 1 term of claims 26-38.
- [Claim 40] Heat sink material characterized by said alloying element being Zn etc. in heat sink material according to claim

39.

[Claim 41] Heat sink material characterized by forming the carbide layer in the front face of said carbon or its allotrope in heat sink material given in any 1 term of claims 1-40.

[Claim 42] It is the heat sink material characterized by formation of said carbide layer being a thing based on the reaction of carbon, or said its allotrope and alloying element at least in heat sink material according to claim 41.

[Claim 43] Heat sink material characterized by said alloying element being one or more sorts chosen from Ti, W, Mo, Nb, Cr, Zr, Be, Ta, V, B, and Mn in heat sink material according to claim 42.

[Claim 44] It is the heat sink material characterized by being at least one sort as which said metal was chosen from Cu, aluminum, and Ag in heat sink material given in any 1 term of claims 1-43.

[Claim 45] The direction which takes the minimum thermal conductivity in heat sink material given in any 1 term of claims 1-44, and heat sink material characterized by the ratio of thermal conductivity being 1:5 or less towards taking the greatest thermal conductivity.

[Claim 46] The manufacture approach of the heat sink material characterized by having the baking process which produces a porosity sintered compact by calcinating and connecting carbon or its allotrope by network, the sinking-in process which infiltrates a metal into said porosity sintered compact, and the cooling process which cools said porosity sintered compact with which said metal sank in at least.

[Claim 47] It is the manufacture approach of the heat sink material characterized by producing the porosity sintered compact by said carbon or its allotrope by said baking process's putting in said carbon or its allotrope in a container in the manufacture approach of heat sink material according to claim 46, and heating the inside of this container.

[Claim 48] It is the manufacture approach of the heat sink material characterized by infiltrating said molten metal into a porosity sintered compact by immersing said porosity sintered compact in the molten metal of said metal into which said sinking-in process was put in the container in the manufacture approach of heat sink material according to claim 46 or 47, introducing the gas for sinking in in said container, and pressurizing the inside of said container.

[Claim 49] The manufacture approach of the heat sink material characterized by said welding pressure being 4 to 5 or less times of the compressive strength of the porosity sintered compact by said carbon or its allotrope in the manufacture approach of heat sink material according to claim 48.

[Claim 50] The manufacture approach of heat sink material that said welding pressure is characterized by being 1.01-202MPa (ten to 2000 atmospheric pressure) in the manufacture approach of heat sink material according to claim 49.

[Claim 51] It is the manufacture approach of the heat sink material characterized by for said cooling process extracting said gas for sinking in in said container in the manufacture approach of heat sink material given in any 1 term of claims 46-50, introducing the gas for cooling promptly, and cooling the inside of said container.

[Claim 52] In the manufacture approach of heat sink material given in any 1 term of claims 46-51 said baking process It has the process which holds said carbon or its allotrope in a case, and the process which carries out the preheating of the inside of said case, and produces the porosity sintered compact by said carbon or its allotrope. Said sinking-in process The process which holds said case in the metal mold of a press machine, and the process which carries out teeming of the molten metal of said metal into said case, The manufacture approach of the heat sink material characterized by having the process which said molten metal is depressed and pressed [process] fit by punch of said press machine, and infiltrates said molten metal into said porosity sintered compact within said case.

[Claim 53] The manufacture approach of the heat sink material characterized by the pressure at the time of press fit by said punch being 4 to 5 or less times of the compressive strength of the porosity sintered compact by said carbon or its allotrope in the manufacture approach of heat sink material according to claim 52.

[Claim 54] The manufacture approach of heat sink material that the pressure at the time of press fit by said punch is characterized by being 1.01-202MPa (ten to 2000 atmospheric pressure) in the manufacture approach of heat sink material according to claim 53.

[Claim 55] The manufacture approach of the heat sink material characterized by using the metal mold with which the clearance section for extracting the gas drainage hole for extracting the gas which remains in said porosity sintered compact as said metal mold in the manufacture approach of heat sink material according to claim 53 or 54, or gas was formed.

[Claim 56] Said cooling process is the manufacture approach of the heat sink material characterized by cooling said heat sink material which sank into said porosity sintered compact in said metal in the manufacture approach of heat sink material given in any 1 term of claims 46-55 with the cooling zone or the metal mold for cooling with which blasting or cooling water of coolant gas is supplied.

[Claim 57] the process which mixes water or binding material to the fine particles of carbon or its allotrope, the process which fabricates a preforming object for said mixture under a predetermined pressure, and a metal -- said preforming --

the manufacture approach of the heat sink material characterized by having the sinking-in process infiltrated into the inside of the body.

[Claim 58] The manufacture approach of the heat sink material characterized by having the process which mixes the fine particles of carbon or its allotrope in the liquid condition or solid-liquid coexistence condition which the metal dissolved, and the process which carries out casting shaping of said mixture.

[Claim 59] The manufacture approach of the heat sink material characterized by having the mixed process which mixes the fine particles of carbon or its allotrope, and metaled fine particles, and the pressurization process which puts in said mixture in the metal mold of a hotpress machine, fabricates under predetermined temperature and a predetermined pressure, and produces heat sink material.

[Claim 60] The manufacture approach of the heat sink material characterized by having the mixed process which mixes the fine particles of carbon or its allotrope, and metaled fine particles, the preforming process which said mixture is preformed and is used as a preforming object, and the pressurization process which puts in said preforming object in the metal mold of a hotpress machine, fabricates under predetermined temperature and a predetermined pressure, and produces heat sink material.

[Claim 61] The manufacture approach of the heat sink material characterized by having the mixed process which mixes and preforms carbon or the grinding decision ingredient of the allotrope, and metaled fine particles, and produces mixture, and the pressurization process which puts in said mixture in the metal mold of a hotpress machine, fabricates under predetermined temperature and a predetermined pressure, and produces heat sink material.

[Claim 62] The manufacture approach of the heat sink material characterized by having the mixed process which mixes carbon or the grinding decision ingredient of the allotrope, and metaled fine particles, the preforming process which said mixture is preformed and is used as a preforming object, and the pressurization process which puts in said preforming object in the metal mold of a hotpress machine, fabricates under predetermined temperature and a predetermined pressure, and produces heat sink material.

[Claim 63] The manufacture approach of the heat sink material characterized by for said predetermined temperature being -10 degrees C - -50 degrees C of the melting point in said metal, and said predetermined pressure being 10.13-101.32MPa (100 to 1000 atmospheric pressure) in the manufacture approach of heat sink material given in any 1 term of claims 59-62.

[Claim 64] The manufacture approach of the heat sink material characterized by heating said heat sink material to more than the melting point in said metal after a pressurization process in the manufacture approach of heat sink material given in any 1 term of claims 59-63.

[Claim 65] It is the manufacture approach of the heat sink material characterized by being at least one sort as which said metal was chosen from Cu, aluminum, and Ag in the manufacture approach of heat sink material given in any 1 term of claims 46-64.

[Translation done.]

JAPANESE

[JP,2001-339022,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION TECHNICAL
PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the heat sink material and its manufacture approach for constituting the heat sink which makes the heat generated for example, from IC chip radiate heat efficiently.

[0002]

[Description of the Prior Art] Heat is a powerful enemy and it must be made for internal temperature not to have to exceed maximum-permissible virtual junction temperature for IC chip generally. Moreover, with semiconductor devices, such as a power transistor and a semi-conductor rectifying device, since the power consumption per area of operation is large, only by the heating value emitted from the case (package) of a semiconductor device, or a lead, a generating heating value cannot be emitted and there is a possibility of the internal temperature of equipment rising and causing a thermal runaway.

[0003] This phenomenon is the same also in IC chip which carried CPU, the calorific value at the time of actuation increases with improvement in a clock frequency, and the thermal design in consideration of heat dissipation is becoming an important matter.

[0004] In the thermal design in consideration of prevention of said thermal runaway etc., the component design and packaging design which considered fixing the large heat sink of a heat sinking plane product in the case (package) of IC chip are performed.

[0005] Generally as an ingredient for said heat sinks, metallic materials, such as copper with good thermal conductivity and aluminum, are used.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Recently, though a low power drive aiming at a low power is aimed at in IC chips, such as CPU and memory, it is in the inclination which the IC chip itself enlarges with high integration of a component, and expansion-izing of component formation area. When IC chip is enlarged, the stress produced according to the difference of the thermal expansion of a semi-conductor base (a silicon substrate and GaAs substrate) and a heat sink becomes large, and there is a possibility that the exfoliation phenomenon of IC chip and mechanical destruction may arise.

[0007] In order to prevent this, implementation of a low power drive of IC chip and the improvement of heat sink material are mentioned. The low power drive of IC chip escapes from the TTL level (5V) used from the former as current and supply voltage, and level not more than 3.3V is put in practical use.

[0008] On the other hand, it not only considers thermal conductivity, but as a component of a heat sink, silicon, and GaAs and coefficient of thermal expansion which are a semi-conductor base are mostly in agreement, and, moreover, selection of an ingredient with high thermal conductivity is needed.

[0009] About the improvement of heat sink material, there are an example which there are various reports, for example, used aluminium nitride (AlN), an example using Cu(copper)-W (tungsten), etc. Since AlN is excellent in the balance of thermal conductivity and thermal-expansion nature and mostly in agreement with especially the coefficient of thermal expansion of Si, it is suitable as heat sink material of the semiconductor device using the silicon substrate as a semi-conductor base.

[0010] Moreover, Cu-W is a composite material which combines the low-fever expansibility of W, and the high temperature conductivity of Cu, and is suitable as a component of the heat sink which moreover has a complicated configuration from machining being easy.

[0011] moreover, the powder sintering porous body which becomes the ceramic base material which uses SiC as a principal component from 20 - 40vol% the thing (conventional example 1: refer to JP,8-279569,A) which came out of

comparatively, and which was made to contain and mineral matter about Metal Cu as other examples -- Cu -- 5 - 30wt% -- what was infiltrated (conventional example 2: refer to JP,59-228742,A) is proposed.

[0012] Since the heat sink material concerning said conventional example 1 is fine-particles shaping of fabricating the green compact of SiC and Metal Cu and producing a heat sink, coefficient of thermal expansion and thermal conductivity are strictly theoretical values, and it has the problem that balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with actual electronic parts etc. cannot be obtained.

[0013] The conventional example 2 has the low ratio of Cu which sinks into the powder sintering porous body which consists of mineral matter, and has a possibility that a limitation may be generated when raising thermal conductivity.

[0014] On the other hand, the composite material which combined carbon and a metal is developed, although put in practical use, when this composite material sets a metal to Cu, it is used as an electrode for electron discharge methods, and when a metal is set to Pb, it is used as a bearing member and the example of an application is not known as heat sink material.

[0015] That is, in the composite material which combined carbon and a metal, it is 140 W/mK which has the high heat conductivity, and it is the present condition that 160 or more W/mK required as heat sink material of IC chip cannot be satisfied.

[0016] This invention is made in consideration of such a technical problem, and it aims at offering the heat sink material which can acquire the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the heat conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc.

[0017] Moreover, other purposes of this invention can manufacture easily the heat sink material which has the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the heat conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc., and are to offer the manufacture approach of the heat sink material which can raise the productivity of the heat sink of high quality.

[0018]

[Means for Solving the Problem] The heat sink material concerning this invention is characterized by the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations being 160 or more W/mK including carbon or its allotrope, and a metal. Thereby, a ceramic substrate, a semi-conductor substrate (silicon, GaAs), etc. and coefficient of thermal expansion are mostly in agreement, and can obtain thermally conductive good heat sink material.

[0019] Moreover, the heat sink material whose coefficient of thermal expansion the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations is 180 or more W/mK, and is 1×10^{-6} /degree-C - 10×10^{-6} /degree C can also be obtained.

[0020] As said allotrope, graphite and a diamond are desirable. Moreover, it is desirable as carbon or its allotrope that thermal conductivity uses the thing of 100 or more W/mK.

[0021] And heat sink material can be constituted by sinking said metal into the porosity sintered compact obtained by calcinating and connecting by network said carbon or its allotrope.

[0022] In this case, the porosity of said porosity sintered compact is 10vol(s)% - 50vol%, it is desirable that an average pore diameter is 0.1 micrometers - 200 micrometers, and, as for the rate of the volume of carbon, or said its allotrope and said metal, it is desirable that the range of 50vol(s)% - 80vol% and a metal is 50vol(s)% - 20vol% for said carbon or its allotrope.

[0023] Moreover, it is desirable to make said carbon or its allotrope add the additive which reduces the rate of a closed pore at the time of calcinating this carbon or its allotrope. SiC and/or Si can be mentioned as this additive.

[0024] Heat sink material mixes water or binding material to the fine particles of said carbon or its allotrope, it may sink into the preforming object fabricated under the predetermined pressure, and said metal may be constituted. In this case, the average powder grain size of fine particles is 1 micrometer - 2000 micrometers, and it is desirable the direction where said fine particles take the minimum die length, and that the ratio of that die length is 1:5 or less towards taking the greatest die length. In this case, the configuration of arbitration can be made although there is no strong network.

[0025] Moreover, it is desirable that the range of 20vol(s)% - 80vol% and a metal is [the rate of the volume of carbon, or said its allotrope and said metal] 80vol(s)% - 20vol% for said carbon or its allotrope.

[0026] Moreover, heat sink material mixes the fine particles of said carbon or its allotrope, and casting shaping may be carried out and it may be constituted by the liquid condition or solid-liquid coexistence condition which said metal dissolved.

[0027] In addition, as for the rate of a closed pore of the produced heat sink material, it is desirable that it is less than [12vol%].

[0028] It is desirable that the element for a wettability improvement of an interface is added by said metal. As this alloying element, one or more sorts chosen from Te, Bi, Pb, Sn, Se, Li, Sb, Ti, calcium, Cd, and nickel are employable. Especially nickel is effective in being easy to dissolve carbon and being easy to sink in.

[0029] It is desirable to add the element for raising reactivity with said carbon or its allotrope to said metal. As this alloying element, one or more sorts chosen from Nb, Cr, Zr, Be, Ti, Ta, V, B, and Mn are employable.

[0030] In order to raise fluidity nature to said metal, it is desirable that the temperature requirement of solid phase/liquid phase adds desirably 30 degrees C or more of elements 50 degrees C or more. Thereby, while being able to reduce dispersion in the case of sinking in, residual pore can decrease and improvement in reinforcement can be aimed at. In addition, the same effectiveness can be acquired even if it raises a sinking-in pressure. As this alloying element, one or more sorts chosen from Sn, P, Si, and Mg are employable. Moreover, it is desirable to add the element for making said metal reduce said melting point. As this alloying element, there is Zn etc., for example.

[0031] It is desirable that the element for raising thermal conductivity to said metal is added. In this case, the element for raising said heat conductivity to said metal is added, and it is good after heat treatment, processing, and a reaction with carbon in the heat conductivity of the alloy obtained by a segregation etc. being 10 or more W/mK. It is desirably desirable that they are 60 or more W/mK most desirably 40 or more W/mK still more desirably 20 or more W/mK.

[0032] It is known that thermal conductivity will improve with aging of an alloying element or the combination of annealing and processing, and this effectiveness is used for the effectiveness by heat treatment. Moreover, the alloying elements in copper, aluminum, and silver decrease in number by the reaction with carbon, and it is also known that thermal conductivity will improve. Furthermore, since it is also known that an alloying element will deposit on a front face etc. by a segregation etc., and the thermal conductivity in the whole will improve in case a sinking-in metal solidifies, such effectiveness can also be used.

[0033] Said heat sink material can mix the fine particles of said carbon or its allotrope, and the fine particles of said metal, and can constitute them also from fabricating under a predetermined pressure. In this case, it is desirable that the average powder grain size of the fine particles of said carbon or its allotrope and the fine particles of said metal is 1 micrometer - 500 micrometers.

[0034] Said heat sink material can mix the grinding decision material of said carbon or its allotrope, and the fine particles of said metal, and can constitute them also from fabricating under predetermined temperature and a predetermined pressure.

[0035] And when shaping constitutes heat sink material as mentioned above, it is desirable that the range of the range of 20vol(s)% - 60vol% and a metal is [the rate of the volume of carbon, or said its allotrope and said metal] 80vol(s)% - 40vol% for said carbon or its allotrope. Thereby, the heat sink material whose thermal conductivity is 200 or more W/mK and whose coefficient of thermal expansion is $3 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $14 \times 10^{-6}/\text{degree C}$ can be obtained.

[0036] In this case, it is desirable to make said carbon or its allotrope add the additive which enables re-baking after shaping. SiC and/or Si can be mentioned as this additive.

[0037] It is desirable that the low melting point metal for a wettability improvement of an interface is added by said metal. As this low melting point metal, one or more sorts chosen from Te, Bi, Pb, Sn, Se, Li, Sb, Se, Ti, calcium, Cd, and nickel are employable.

[0038] It is desirable that the element for raising reactivity with said carbon or its allotrope to said metal is added. As this alloying element, one or more sorts chosen from Nb, Cr, Zr, Be, Ti, Ta, V, B, and Mn are employable.

[0039] In order to raise fluidity nature to said metal, it is desirable an element 30 degrees C or more and that the temperature requirement of solid phase/liquid phase adds an element 50 degrees C or more desirably. Thereby, while being able to reduce dispersion in the case of sinking in, residual pore can decrease and improvement in reinforcement can be aimed at. In addition, the same effectiveness can be acquired even if it raises a sinking-in pressure. As this alloying element, one or more sorts chosen from Sn, P, Si, and Mg are employable. Moreover, it is desirable to add the element for making said metal reduce said melting point. As this alloying element, there is Zn etc., for example.

[0040] And the carbide layer may be formed in the front face of said carbon or its allotrope of the reaction of carbon, or said its allotrope and alloying element at least. In this case, as said alloying element, one or more sorts chosen from Ti, W, Mo, Nb, Cr, Zr, Be, Ta, V, B, and Mn are employable.

[0041] Moreover, at least one sort chosen from Cu, aluminum, and Ag which are a metal with high conductivity as said metal combined with said carbon or its allotrope is employable.

[0042] Moreover, this inventions are the direction which takes the minimum thermal conductivity, and the direction which takes the greatest thermal conductivity, and the ratio of thermal conductivity is 1:5 or less. Since thermal conductivity has a property almost near isotropy by this, diffusion of heat is good, and it is suitable when using it as a heat sink. Moreover,

it is not necessary to take the installation direction into consideration one by one, and becomes advantageous by the component side.

[0043] Next, the manufacture approach of the heat sink material concerning this invention is characterized by having the baking process which produces a porosity sintered compact, the sinking-in process which infiltrates a metal into said porosity sintered compact, and the cooling process at which said metal cools said porosity sintered compact with which it sank in at least by calcinating and connecting carbon or its allotrope by network.

[0044] Thereby, a ceramic substrate, a semi-conductor substrate (silicon, GaAs), etc. and coefficient of thermal expansion can be mostly in agreement, can manufacture thermally conductive good heat sink material easily, and can raise the productivity of the heat sink of high quality.

[0045] And you may make it said baking process produce the porosity sintered compact by said carbon or its allotrope by putting in said carbon or its allotrope in a container, and heating the inside of this container.

[0046] Moreover, you may make it said sinking-in process infiltrate said molten metal into a porosity sintered compact by immersing said porosity sintered compact in the molten metal of said metal into which it was put in the container, introducing the gas for sinking in in said container, and pressurizing the inside of said container. In this case, it is desirable that they are 4 to 5 or less times of the compressive strength of the porosity sintered compact by said carbon or its allotrope as said welding pressure or that it is 1.01-202MPa (ten to 2000 atmospheric pressure). As a cooling process in this case, said gas for sinking in in said container is extracted, the gas for cooling is introduced promptly, and you may make it cool the inside of said container.

[0047] The following approach is mentioned as other manufacture approaches. Namely, the process which holds said carbon or its allotrope in a case as said baking process, The preheating of the inside of said case is carried out, and it has the process which produces the porosity sintered compact by said carbon or its allotrope. As said sinking-in process It is having the process which holds said case in the metal mold of a press machine, the process which carries out teeming of the molten metal of said metal into said case, and the process which said molten metal's is depressed and pressed [process] fit by punch of said press machine, and infiltrates said molten metal into said porosity sintered compact within said case.

[0048] In this case, it is desirable to set the pressure at the time of press fit by said punch to that they are 4 to 5 or less times of the compressive strength of the porosity sintered compact by said carbon or its allotrope or 1.01-202MPa (ten to 2000 atmospheric pressure). Moreover, it is desirable to use the metal mold with which the clearance section for extracting the gas drainage hole for extracting the gas which remains in said porosity sintered compact as said metal mold, or gas was formed.

[0049] Moreover, you may make it cool said cooling process with the cooling zone or the metal mold for cooling with which said heat sink material into which said metal sank is supplied to blasting or cooling water of coolant gas by said porosity sintered compact.

[0050] the process with which the manufacture approach of the heat sink material concerning this invention mixes water or binding material to the fine particles of carbon or its allotrope, the process which fabricates a preforming object for said mixture under a predetermined pressure, and a metal -- said preforming -- it is characterized by having the sinking-in process infiltrated into the inside of the body.

[0051] Moreover, the manufacture approach of the heat sink material concerning this invention is characterized by having the process which mixes the fine particles of carbon or its allotrope in the liquid condition or solid-liquid coexistence condition which the metal dissolved, and the process which carries out casting shaping of said mixture.

[0052] Moreover, the manufacture approach of the heat sink material concerning this invention is characterized by having the mixed process which mixes the fine particles of carbon or its allotrope, and metaled fine particles, and the pressurization process which puts in said mixture in the metal mold of a hotpress machine, fabricates under predetermined temperature and a predetermined pressure, and produces heat sink material.

[0053] Moreover, the manufacture approach of the heat sink material concerning this invention is characterized by having the mixed process which mixes the fine particles of carbon or its allotrope, and metaled fine particles, the preforming process which said mixture is preformed and is used as a preforming object, and the pressurization process which puts in said preforming object in the metal mold of a hotpress machine, fabricates under predetermined temperature and a predetermined pressure, and produces heat sink material.

[0054] Moreover, the manufacture approach of the heat sink material concerning this invention is characterized by having the mixed process which mixes and preforms carbon or the grinding decision ingredient of the allotrope, and metaled fine particles, and produces mixture, and the pressurization process which puts in said mixture in the metal mold of a hotpress machine, fabricates under predetermined temperature and a predetermined pressure, and produces heat sink material.

[0055] Moreover, the manufacture approach of the heat sink material concerning this invention is characterized by to have the mixed process which mixes carbon or the grinding decision ingredient of the allotrope, and metaled fine particles, the preforming process which said mixture is preformed and is used as a preforming object, and the pressurization process which puts in said preforming object in the metal mold of a hotpress machine, fabricates under predetermined temperature and a predetermined pressure, and produces heat sink material.

[0056] In these manufacture approaches, said predetermined temperature has -10 degrees C - desirable -50 degrees C of the melting point in said metal, and said predetermined pressure has desirable 10.13-101.32MPa (100 to 1000 atmospheric pressure).

[0057] Moreover, you may make it heat said heat sink material to more than the melting point in said metal after a pressurization process in these manufacture approaches.

[0058] Furthermore, said metal may be at least one sort chosen from Cu, aluminum, and Ag.

[0059]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of a gestalt of operation of the heat sink material concerning this invention and its manufacture approach is explained, referring to drawing 1 - drawing 40 .

[0060] As heat sink material 10A concerning the gestalt of the 1st operation is shown in drawing 1 , it sinks into the porosity sintered compact 12 obtained by calcinating and connecting carbon or its allotrope by network, and the metal 14 is constituted.

[0061] In this case, it is desirable as said carbon or its allotrope that thermal conductivity uses desirably still more desirably 100 or more W/mK of 150 or more (estimate in the condition that there is no pore) W/mK of things of 200 or more (estimate in the condition that there is no pore) W/mK.

[0062] This example shows the heat sink material which infiltrated copper into the open pore section of the porosity sintered compact 12 with which thermal conductivity consisted of graphite of 100 or more W/mK. Aluminum and silver other than copper can be used as a metal 14 which sinks in.

[0063] Moreover, the porosity sintered compact 12 makes and the metal 14 makes the rate of the volume of the porosity sintered compact 12 and a metal 14 the range of 50vol(s)% - 20vol% 50vol(s)% - 80vol%. Thereby, the heat sink material whose coefficient of thermal expansion the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations is 180-220 or more W/mK, and is 1×10^{-6} /degree-C - 10×10^{-6} /degree C can be obtained.

[0064] As porosity of said porosity sintered compact 12, it is desirable that it is 10vol% - 50vol%. It is because reinforcement of the porosity sintered compact 12 cannot fall and coefficient of thermal expansion cannot be held down to less than [15.0×10^{-6} /degree C], if porosity cannot obtain the thermal conductivity of the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or 180 W/mK (room temperature) of one of shaft orientations less than [10vol%] but exceeds 50vol%.

[0065] As a value of the diameter of an average open pore of said porosity sintered compact 12 (pore diameter), 0.1-200 micrometers is desirable. It becomes difficult to sink in a metal 14 into an open pore as said pore diameter is less than 0.1 micrometers, and thermal conductivity falls. On the other hand, if said pore diameter exceeds 200 micrometers, reinforcement of the porosity sintered compact 12 cannot fall and coefficient of thermal expansion cannot be stopped low.

[0066] as the distribution (pore distribution) about the average open pore of said porosity sintered compact 12 -- 0.5-50 micrometers -- more than 90vol% -- being distributed is desirable. 0.5-50-micrometer pore -- more than 90vol% -- when not distributed, the open pore into which the metal 14 has not sunk may increase, and thermal conductivity may fall.

[0067] Moreover, as a rate of a closed pore of heat sink material 10A which sank in and obtained the metal 14 to the porosity sintered compact 12, it is desirable that it is less than [12vol%]. It is because thermal conductivity may fall if 5vol (s)% is exceeded.

[0068] In addition, the automatic porosimeter (trade name "the auto pore 9200") by Shimadzu Corp. was used for measurement of said porosity, a pore diameter, and pore distribution.

[0069] In heat sink material 10A concerning the gestalt of this 1st operation, it is desirable to make the additive which reduces the rate of a closed pore at the time of calcinating this graphite to said graphite add. SiC and/or Si can be mentioned as this additive. Thereby, the closed pore at the time of baking (closed pore) can be decreased, and the rate of impregnation of the metal 14 to the porosity sintered compact 12 can be raised.

[0070] Moreover, you may make it add this graphite and the element which reacts in graphite. As this alloying element, one or more sorts chosen from Ti, W, Mo, Nb, Cr, Zr, Be, Ta, V, B, and Mn can be mentioned. Thereby, a reaction layer (carbide layer) is formed in the front face (the front face of an open pore is included) of this graphite at the time of baking of graphite, wettability with the metal 14 with which it sinks into the open pore of graphite improves, sinking in in low

voltage is attained and, moreover, also sinking in to a detailed open pore is attained.

[0071] It is desirable to add one or more sorts chosen from Te, Bi, Pb, Sn, Se, Li, Sb, Tl, calcium, Cd, and nickel as the metal 14 with which it sinks into the porosity sintered compact 12 on the other hand. Thereby, the wettability of the interface of the porosity sintered compact 12 and a metal 14 is improved, and a metal 14 becomes easy to enter in the open pore of the porosity sintered compact 12. Especially nickel is effective in being easy to dissolve carbon and being easy to sink in.

[0072] Moreover, it is desirable to add one or more sorts chosen from Nb, Cr, Zr, Be, Ti, Ta, V, B, and Mn as the metal 14 with which it sinks into the porosity sintered compact 12. By this, the reactivity of graphite and a metal improves, it becomes easy to stick graphite and a metal in an open pore, and generating of a closed pore can be controlled.

[0073] Moreover, while raising fluidity nature to the metal 14 with which it sinks into the porosity sintered compact 12, in order that residual pore may decrease, it is desirable that the temperature requirement of solid phase/liquid phase adds one or more sorts desirably chosen from the element 50 degrees C or more, for example, Sn, P, Si, and Mg, 30 degrees C or more. Thereby, while being able to reduce dispersion in the case of sinking in, residual pore can decrease and improvement in reinforcement can be aimed at. In addition, the same effectiveness can be acquired even if it raises a sinking-in pressure. Moreover, it is desirable to add the element for making said metal 14 reduce the melting point. As this alloying element, there is Zn etc., for example.

[0074] Next, some approaches for manufacturing heat sink material 10A concerning the gestalt of this 1st operation are explained, referring to drawing 2 A - drawing 8.

[0075] Both the 1st for manufacturing heat sink material 10A concerning the gestalt of the 1st operation and the 2nd manufacture approach have the baking process which produces the porosity sintered compact 12, and the sinking-in process which infiltrates a metal 14 into said porosity sintered compact 12 by calcinating and connecting graphite by network.

[0076] And the 1st manufacture approach is specifically performed by using a high pressure vessel 30, as the example is shown in drawing 2 A and drawing 2 B. the both-sides plates [in / in this high pressure vessel 30 / the rectangular pipe-like case 32] 34 and 36 -- a revolving shaft 38 is mostly formed in a central part, respectively, and case 32 the very thing can be rotated now centering on this revolving shaft 38.

[0077] In the case 32, the heater 42 for heating the fireproof container 40 and this fireproof container 40 is formed. The fireproof container 40 has the rectangular pipe-like configuration of having a centrum 44, and the opening 46 which is open for free passage into the height direction central part in one side face at a centrum 44 is formed. The lump of the metal 14 which is a sinking-in ingredient, or the molten metal of a metal 14 is held in one centrum (it is hereafter described as 1st room 44a) focusing on opening 46 among centums 44.

[0078] Even if the porosity sintered compact 12 whose centrum (it is hereafter described as 2nd room 44b) of another side is a sunk in sample is attached two or more picking and 2nd room 44b is located up, the support device of the porosity sintered compact 12 is established so that the porosity sintered compact 12 may not fall. In addition, the heater 42 is made into the structure which is not destroyed under the high-pressure force of 300MPa.

[0079] Moreover, the inlet pipe 48 for vacuum suction, and the introductory tubing 50 and the delivery tube 52 of the gas for high-pressure force grant and the gas for cooling are formed in said high pressure vessel 30.

[0080] Next, it explains, referring to drawing 3 about the 1st manufacture approach using said high pressure vessel 30.

[0081] First, in step S1, the porosity sintered compact 12 by graphite is produced through the process which fabricates graphite in the shape of a rod, the process into which a pitch (a kind of a coal tar) is infiltrated, and the process which carries out heating baking.

[0082] In order to fabricate graphite in the shape of a rod, a pitch is mixed to graphite fine particles, it is push in an about 150-degree C ambient atmosphere, and it fabricates and graphite [being cylindrical ($\phi 100$ - $\phi 600$ die length of about 3000mm)] is obtained. There is much pore and, moreover, the graphite of the condition of this as has low thermal conductivity.

[0083] Next, in order to decrease the pore of graphite, a vacuum deairing is performed, and a pitch is infiltrated in the vacuum. And the process which calcinates at about 1000 degrees C and sinks in a pitch further is repeated about 3 times.

[0084] And in order to raise thermal conductivity, heating baking of the graphite is carried out in an about 3000-degree C furnace. In order to prevent that graphite burns at this time, while covering a furnace with carbon powder, graphite itself is covered with carbon powder. Moreover, the process which heats this graphite may carry out heating baking by energizing directly to graphite.

[0085] Although the porosity sintered compact 12 is obtained by doing in this way, it is desirable to carry out preliminary

processing further depending on the configuration of a final product.

[0086] Then, in step S2, a high pressure vessel 30 is made into an initial state, and 1st room 44a of the fireproof container 40 prepared in the high pressure vessel 30 is located caudad.

[0087] Then, the lump of the porosity sintered compact 12 and a metal 14 is put in in the fireproof container 40 of a high pressure vessel 30, the lump of a metal 14 is stationed in 1st room 44a of the fireproof container 40, and the porosity sintered compact 12 is set to 2nd room 44b (step S3). It is desirable to carry out the preheating of the porosity sintered compact 12 beforehand at this time. In order to perform a preheating, a preheating is performed in the condition of having contained the porosity sintered compact 12 in the carbon case, or having covered with the heat insulator, and if predetermined temperature is reached, it will set to 2nd room 44b as above-mentioned with the condition of having contained in the case or having covered with the heat insulator.

[0088] Then, after sealing a high pressure vessel 30 (and fireproof container 40), vacuum suction in a high pressure vessel 30 is performed through an inlet pipe 48, and the inside of this high pressure vessel 30 is changed into a negative pressure condition (step S4).

[0089] Then, it energizes at a heater 42 and the heating dissolution of the metal 14 of 1st room 44a is carried out (step S5). The following explanation also describes for convenience the metal 14 by which the heating dissolution was carried out "molten metal 14."

[0090] Then, a high pressure vessel 30 is turned 180 degrees in the phase in which the molten metal 14 in 1st room 44a reached predetermined temperature (step S6). Since 1st room 44a is located up by this revolution actuation, the molten metal 14 in 1st room 44a falls in 2nd room 44b caudad located with a self-weight, is this phase and will be in the condition that the porosity sintered compact 12 was dipped in molten metal 14.

[0091] Then, the gas for sinking in is introduced in a high pressure vessel 30 through the gas installation tubing 50, and the inside of this high pressure vessel 30 is pressurized (step S7). By this pressure treatment, said molten metal 14 will sink in into the open pore section of the porosity sintered compact 12.

[0092] When this sinking-in process is completed, it shifts to a cooling process immediately. This cooling process turns said high pressure vessel 30 180 degrees again first (step S8). By this revolution actuation, since 1st room 44a is located caudad, the molten metal 14 in 2nd room 44b will fall in 1st room 44a again.

[0093] The molten metal 14 to which some molten metal 14 falls from sinking in into the open pore of the porosity sintered compact 12 to 1st room 44a located caudad by the pressure treatment (sinking-in processing) in said step S7 is the residual molten metal with which it did not sink into the porosity sintered compact 12. In the phase in which residual molten metal fell in 1st room 44a, the porosity sintered compact 12 with which molten metal 14 sank in will remain in 2nd room 44b.

[0094] Then, the gas for cooling is introduced in a high pressure vessel 30 through the gas installation tubing 50 at the same time it exhausts the gas for sinking in in a high pressure vessel 30 through the gas delivery tube 52 (step S9). The gas for cooling circulates through the inside of a high pressure vessel 30 uniformly, and a high pressure vessel 30 is quickly cooled by exhaust air of this gas for sinking in, and installation of the gas for cooling. The metal 14 with which it sank in is firmly held at the porosity sintered compact 12 from the molten metal 14 with which it sank into said porosity sintered compact 12 solidifying in the lump of a metal 14 quickly, and the volume expanding by this prompt cooling.

[0095] As drawing 3 is shown within the limit of an alternate long and short dash line as other cooling processes, it is the phase which processing at said step S8 ended, and there are the cold by which a high pressure vessel 30 or molten metal 14 conveys the porosity sintered compact 12 with which it sank in in a cooling zone, and is installed in the cooling zone, and a method of carrying out and making gold contact (step S10 reference).

[0096] The porosity sintered compact 12 will be quickly cooled by this contact which it cools and is in gold. In this cooling process, it is [being the cold or] more desirable in spraying coolant gas on the porosity sintered compact 12 to have been made to carry out, having carried out and carrying out water cooling of the gold, to have considered the feeding effect and to cool especially.

[0097] Thus, sinking-in processing of the metal 14 to the porosity sintered compact 12 by graphite can be easily performed by stepping on each process of the 1st manufacture approach. And the rate of impregnation of the metal 14 to the porosity sintered compact 12 can be raised. Heat sink material 10A whose coefficient of thermal expansion the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations is 180-220 or more W/mK, and is $1 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $10 \times 10^{-6}/\text{degree C}$ can be obtained easily.

[0098] However, when adopting SiC as the porosity sintered compact mentioned later, the heat sink material the average of 3 shaft orientations which the average coefficient of thermal expansion from a room temperature to 200 degrees C is $4.0 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $9.0 \times 10^{-6}/\text{degree C}$, and intersect perpendicularly, or whose thermal conductivity of one of shaft

orientations is 180 or more W/mK preferably more than 160 W/mK (room temperature) can be obtained.

[0099] In said step S5, when energizing at a heater 42 and carrying out the heating dissolution of the metal 14 of 1st room 44a, the temperature high 30 degrees C - 250 degrees C of the predetermined temperature (heating temperature) which shifts to step S6 is good, and it is more desirable than the melting point of a metal 14. [of desirable temperature higher 50 degrees C - 200 degrees C than said melting point] In this case, it is desirable to carry out the inside of a high pressure vessel 30 into the vacuum of 1×10^{-3} or less Torr.

[0100] Moreover, in said step S7, they may be 0.98 or more MPas and 202 MPas or less as a pressure given to a high pressure vessel 30 by introducing the gas for sinking in in a high pressure vessel 30. In this case, 4.9 or more MPas and 202 MPas or less are desirable, and it is good in their being 9.8 or more MPas and 202 MPas or less more preferably.

[0101] This pressure has the desirable direction which is high pressure from a viewpoint of improvement in a rate of impregnation, and improvement in refrigeration capacity. However, since the cost of the facility which becomes easy to produce breakage of graphite and can bear high pressure will become high if a pressure is too high, these elements are taken into consideration and a pressure is chosen.

[0102] Moreover, the grant time amount of the pressure to a high pressure vessel 30 has 1 seconds or more and 60 good seconds or less, and is desirably desirable. [of 1 seconds or more and 30 seconds or less]

[0103] in addition, the thing whose average diameter is 0.5 micrometers - 50 micrometers as pore of the porosity sintered compact 20 as mentioned above -- more than 90vol% -- it exists and it is desirable for porosity to be 10vol(s)% - 50vol%.

[0104] However, when adopting SiC as the porosity sintered compact mentioned later, 90% or more of things whose average diameter is 5 micrometers - 50 micrometers exists, and it is desirable for porosity to be 20vol(s)% - 70vol%.

[0105] On the other hand, in the period from the temperature at the time of sinking in to 800 degrees C, as for the cooling rate in a cooling process, it is desirable to carry out in -400 degrees C/hour or more, and its hour is more preferably desirable in -800 degrees C /or more.

[0106] In said step S7, the pressure given to a high pressure vessel 30 is a pressure required in order to infiltrate a metal 14 into the open pore section of the porosity sintered compact 12 completely. In this case, if the open pore which does not sink into the porosity sintered compact 12 in the metal 14 remains, in order to check thermal conductivity remarkably, it is necessary to give a high pressure.

[0107] Although this pressure can presume that outline by the formula of a WASSHU barn (Washburn), it needs such big force that a pore diameter is small. If this formula is followed, the pressure of 0.392MPa is suitable at the time of 3.92MPa and 10 micrometerphi at the time of 39.2MPa and 1.0 micrometerphi at the time of 0.1 micrometerphi. However, in practice, since, as for the ingredient of 0.1 micrometerphi, the pore below 0.01 micrometerphi also exists [an average pore diameter] (refer to [drawing 31](#) and [drawing 32](#)), a large pressure is needed. Specifically, 392MPa(s) are required for 0.01micrometerphi.

[0108] In addition, about the desirable example of the alloying element to the alloying element metallurgy group to graphite, since it already stated, the explanation is omitted here.

[0109] Next, some modifications of the 1st manufacture approach are explained, referring to [drawing 4](#) and [drawing 5](#) .

[0110] As shown in [drawing 4](#) , first, the 1st modification calcinates graphite and produces the porosity sintered compact 12 by graphite (step S101). A high pressure vessel 30 is made into an initial state, and 1st room 44a of the fireproof container 40 prepared in the high pressure vessel 30 is located caudad (step S102).

[0111] Then, the porosity sintered compact 12 is set to 2nd room 44b, and the metal (molten metal) 14 by which melting was carried out beforehand is slushed in 1st room 44a (step S103).

[0112] Then, a high pressure vessel 30 is turned 180 degrees in the phase in which the molten metal 14 in 1st room 44a reached predetermined temperature (step S104). By this revolution actuation, the molten metal 14 in 1st room 44a falls to 2nd room 44b located caudad, and the porosity sintered compact 12 will be in the condition of having sunk in to molten metal 14 in this phase.

[0113] Then, the gas for sinking in is introduced in a high pressure vessel 30 through the gas installation tubing 50, and the inside of this high pressure vessel 30 is pressurized (step S105). By this pressure treatment, said molten metal 14 will sink in into the open pore section of the porosity sintered compact 12.

[0114] Next, it explains, referring to [drawing 5](#) about the 2nd modification. The high pressure vessel 30 with which the dashboard (not shown) which becomes the internal central part of the fireproof container 40 currently installed in the high pressure vessel 30 from porosity ceramic material was formed is used for the sinking-in process concerning this 2nd modification. The inside of the fireproof container 40 will be divided into 1st room 44a and 2nd room 44b by said dashboard.

[0115] It is desirable to use the porosity ceramic material whose porosity is 40vol(s)% - 90vol% and whose pore diameter

is 0.5mm - 3.0mm as said dashboard, and it is desirable to use the porosity ceramic material whose porosity is 70vol(s)% - 85vol% more preferably and whose pore diameter is 1.0mm - 2.0mm.

[0116] And in this 2nd modification, as shown in drawing 5, first, graphite is calcinated and the porosity sintered compact 12 by graphite is produced (step S201). A high pressure vessel 30 is made into an initial state, and 1st room 44a of the fireproof container 40 prepared in the high pressure vessel 30 locates 2nd room 44b up caudad (step S202).

[0117] Then, the lump of the porosity sintered compact 12 and a metal 14 is put in in the fireproof container 40 of a high pressure vessel 30, the lump of a metal 14 is stationed in 2nd room 44b located up, and the porosity sintered compact 12 is set to 1st room 44a located caudad (step S203).

[0118] Then, after sealing a high pressure vessel 30 (and fireproof container 40), vacuum suction in a high pressure vessel 30 is performed through an inlet pipe 48, and the inside of this high pressure vessel 30 is changed into a negative pressure condition (step S204).

[0119] Then, it energizes at a heater 42 and the heating dissolution of the metal 14 of 2nd room 44b is carried out (step S205). In the phase which reached predetermined temperature, said molten metal 14 introduces the gas for sinking in in a high pressure vessel 30 through the gas installation tubing 50, and pressurizes the inside of this high pressure vessel 30 (step S206). By this pressure treatment, the molten metal 14 in 2nd room 44b located up will pass a dashboard, and it will sink in into the open pore section of the porosity sintered compact 12 in 1st room 44a located caudad.

[0120] Next, it explains, referring to drawing 6 - drawing 8 about the 2nd manufacture approach. By this 2nd manufacture approach, as are shown in drawing 6, and it is indicated in drawing 7 as the furnace 60 for calcinating graphite and producing the porosity sintered compact 12, the press machine 62 for infiltrating a metal 14 is used for the porosity sintered compact 12.

[0121] It is used in order that a furnace 60 may generally graphitize graphite, as shown in drawing 6, and the heater 74 for heating the case 70 held in the space 72 which can hold a case 70 in the interior, and this space 72 is formed. A case 70 consists of ingredients, such as graphite, ceramics, and SERAPEPA (heat insulator which consists of ceramics, such as an alumina). And graphite is held in this case 70.

[0122] As shown in drawing 7, the metal mold 82 which has the crevice 80 of up opening, and insertion of the press machine 62 in a crevice 80 are enabled, and it has the punch 84 which depresses and presses the contents in a crevice 80 fit.

[0123] Next, it explains, referring to drawing 8 about the 2nd manufacture approach using said furnace 60 and press machine 62.

[0124] First, graphite is put in in a case 70 and this case 70 is held in a furnace 60 (step S301). The ambient atmosphere in a furnace 60 is heated, graphite is calcinated, and the porosity sintered compact 12 is produced (step S302).

[0125] Moreover, it heats to about 3000 degrees C, and you may make it produce the porosity sintered compact 12 by energizing a current to graphite in this process.

[0126] Then, the porosity sintered compact 12 is taken out from a furnace 60 the whole case 70, and the porosity sintered compact 12 is held the whole case 70 in the crevice 80 of the press machine 62 (step S303).

[0127] Next, after carrying out teeming of the molten metal 86 of a metal 14 into a case 70 (step S304), punch 84 is inserted in in a crevice 80, and said molten metal 86 within a case 70 is depressed and pressed fit (step S305). By press processing of this punch 84, the molten metal 86 of a metal 14 will sink in into the open pore section of the porosity sintered compact 12.

[0128] In the 2nd above-mentioned manufacture approach, it is desirable to set the pressure at the time of press fit by said punch 84 to 1.01-202MPa (ten to 2000 atmospheric pressure). Moreover, you may make it form in the pars basilaris ossis occipitalis of the pars-basilaris-ossis-occipitalis metallurgy mold 82 of a case 70 the clearance section for extracting the gas drainage holes 88 and 90 and gas for extracting the gas which remains in the porosity sintered compact 12, as shown in drawing 7. In this case, in order that the gas which remains in the porosity sintered compact 12 may fall out through the gas drainage holes 88 and 90 at the time of press fit of punch 84, sinking [of the molten metal 86 to an open pore] in will be performed smoothly.

[0129] Thus, sinking-in processing of the metal 14 to the porosity sintered compact 12 by graphite can be easily performed by stepping on each process of the 2nd manufacture approach. And the rate of impregnation of the metal 14 to the porosity sintered compact 12 can be raised. Heat sink material 10A whose coefficient of thermal expansion the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations is 180-220 or more W/mK, and is 1×10^{-6} /degree-C - 10×10^{-6} /degree C can be obtained easily.

[0130] The furnace using a preheating may be used instead of the above-mentioned furnace 60. In this case, the porosity sintered compact 12 by the ingredient or graphite which carried out powder compacting beforehand is heated beforehand.

A metal 14 becomes easy to sink in to the graphite (or the below-mentioned SiC) connected by network by this processing. As for the temperature of a preheating, it is desirable to become hot beforehand to temperature comparable as a molten metal 86. If a molten metal 86 is about 1200 degrees C, specifically, the preheat temperature of graphite has 1000 degrees C - desirable 1400 degrees C.

[0131] Next, it explains, referring to drawing 9 about heat sink material 10B concerning the gestalt of the 2nd operation.

[0132] As shown in drawing 9, heat sink material 10B concerning the gestalt of the 2nd operation mixes fine-particles 12a of carbon or its allotrope, and fine-particles 14a of a metal 14, and fabricates and consists of under predetermined temperature and a predetermined pressure.

[0133] As said carbon or its allotrope, it is desirable that thermal conductivity uses desirably still more desirably 100 or more W/mK of 150 or more (estimate in the condition that there is no pore) W/mK of things of 200 or more (estimate in the condition that there is no pore) W/mK. Especially, the diamond other than graphite can be used with the gestalt of this 2nd operation. Heat sink material 10B by which thermal conductivity was constituted from this example by mixing the fine particles of the graphite of 100 or more W/mK and copper fine particles, and fabricating is shown. Aluminum and silver other than copper can be used as said metal 14.

[0134] Moreover, heat sink material 10B concerning the gestalt of this 2nd operation can mix the grinding decision material (for example, grinding decision material of a carbon fiber) of said carbon or its allotrope, and fine-particles 14a of said metal 14, and can also fabricate and constitute them from under predetermined temperature and a predetermined pressure.

[0135] And as said predetermined temperature, when shaping within a press die is taken into consideration, -10 degrees C - -50 degrees C of the melting point in said metal 14 are desirable, and 10.13-101.32MPa (100 to 1000 atmospheric pressure) is desirable as said predetermined pressure.

[0136] Moreover, as for the average powder grain size of fine-particles 12a of said carbon or its allotrope, and fine-particles 14a of a metal 14, it is desirable that it is 1 micrometer - 500 micrometers. Carbon or its allotrope makes and the metal 14 makes the rate of the volume of carbon, or its allotrope and metal 14 the range of 80vol(s)% - 40vol% 20vol(s)% - 60vol%. Thereby, heat sink material 10B whose coefficient of thermal expansion the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations is 200-350 or more W/mK, and is 3×10^{-6} /degree-C - 14×10^{-6} /degree C can be obtained.

[0137] In heat sink material 10B concerning the gestalt of this 2nd operation, it is desirable to make carbon or its allotrope add the additive which enables re-baking after shaping. SiC and/or Si can be mentioned as this additive. Thereby, re-baking at the temperature more than the melting point of said metal 14 is attained after shaping. In this case, since the grains produced after shaping will join together by said re-baking, most grain boundaries which check heat conduction can be lost, and improvement in the thermal conductivity of heat sink material 10B can be aimed at.

[0138] Moreover, you may make it add this carbon or its allotrope, and the element that reacts in carbon or its allotrope. As this alloying element, one or more sorts chosen from Ti, W, Mo, Nb, Cr, Zr, Be, Ta, V, B, and Mn can be mentioned. Thereby, a reaction layer (carbide layer) is formed in the front face of carbon or its allotrope at the time of shaping and re-baking, and association of the grains in the front face of heat sink material 10B can be raised.

[0139] It is desirable to, add one or more sorts chosen as said metal 14 from the low melting point metal, for example, Te, Bi, Pb, Sn, Se, Li, Sb, Tl, calcium, Cd, and nickel, on the other hand. Thereby, the wettability of the interface of carbon, or its allotrope and metal 14 is improved, and generating of the grain boundary which checks heat conduction can be suppressed. In addition, as for the viewpoint of heat conduction to said low melting point metal, not dissolving to said metal 14 is desirable.

[0140] Moreover, it is desirable to add one or more sorts chosen as said metal 14 from Nb, Cr, Zr, Be, Ti, Ta, V, B, and Mn. Thereby, the reactivity of carbon, or its allotrope and metal 14 can improve, and generating of the grain boundary at the time of shaping can be suppressed also in this case.

[0141] Moreover, while raising fluidity nature to said metal 14, in order to decrease residual pore, it is desirable that the temperature requirement of solid phase/liquid phase adds one or more sorts desirably chosen from the element 50 degrees C or more, for example, Sn, P, Si, and Mg, 30 degrees C or more. Thereby, while being able to reduce dispersion in the case of sinking in, residual pore can decrease and improvement in reinforcement can be aimed at. In addition, the same effectiveness can be acquired even if it raises a sinking-in pressure.

[0142] Moreover, it is desirable to add the element for making said metal 14 reduce the melting point. As this alloying element, there is Zn etc., for example.

[0143] Next, some approaches (the 3rd and the 4th manufacture approach) for manufacturing heat sink material 10B concerning the gestalt of this 2nd operation are explained, referring to drawing 10 - drawing 14.

[0144] First, the 3rd manufacture approach is specifically performed by using the preforming machine 100 (referring to drawing 10) and the hotpress machine 102 (referring to drawing 11), as the example is shown in drawing 10 and drawing 11 .

[0145] As shown in drawing 10 , the metal mold 112 which has the crevice 110 of up opening, and insertion of the preforming machine 100 in a crevice 110 are enabled, and it has the punch 114 which depresses and presses the contents in a crevice 110 fit. The thing 104 which mixed fine-particles 12a of carbon or its allotrope and fine-particles 14a of a metal 14, i.e., mixture, is held in a case 70.

[0146] As shown in drawing 11 , as for the hotpress machine 102, the upper punch 126 by which the attitude was made free, and the heater 128 for heating said fireproof container 124 are formed from the upper part in the fireproof container 124 made from the graphite of top-face opening fixed in the tubed case 120 on the bottom punch 122 by which it serves as a pedestal, and punch 122 under this, and this fireproof container 124. The preforming object 106 of the mixture 104 fabricated with said preforming machine 100 is held in the fireproof container 124. In addition, the inlet pipe 130 for vacuum suction is formed in this hotpress machine 102.

[0147] The path 132 which circulates the fluid for cooling for cooling the inside of the fluid for heating and the fireproof container 124 for heating the inside of the fireproof container 124 is established in the interior of bottom punch 122.

[0148] And the 3rd manufacture approach is performed by stepping on the process shown in drawing 12 . First, after putting in fine-particles 12a of carbon or its allotrope, and fine-particles 14a of a metal 14 in a case 70, mixing and obtaining mixture 104 (step S401), the case 70 containing this mixture 104 is held in the crevice 110 of the metal mold 112 in the preforming machine 100 (step S402). Then, punch 114 is pressed fit in a crevice 110, mixture 104 is preformed, and the preforming object 106 is fabricated (step S403).

[0149] Next, the preforming object 106 is picked out from metal mold 112, and this preforming object 106 is held in the fireproof container 124 in the hotpress machine 102 (step S404). After sealing the fireproof container 124, vacuum suction in the fireproof container 124 is performed through an inlet pipe 130, and the inside of this fireproof container 124 is changed into a negative pressure condition (step S405). Then, it energizes at a heater 128 and temperature in the fireproof container 124 is made into -10 degrees C - -50 degrees C of the melting point of a metal 14 (step S406).

[0150] In the phase which reached predetermined temperature, upper punch 126 is moved caudad, the preforming object 106 is pressurized, and heat sink material 10B is obtained (step S407). Then, it is used as actual heat sink material 10B by passing through a processing process etc. However, when the element which heightens the bonding strength of carbon, or its allotrope and metal 14 is added, you may heat to more than the melting point of a metal 14 after said pressurization.

[0151] In addition, about the desirable example of the alloying element to the alloying element metallurgy group 14 to carbon or its allotrope, since it already stated, the detailed explanation is omitted here.

[0152] Thus, heat sink material 10B whose coefficient of thermal expansion the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations is 200-350 or more W/mK, and is 3×10^{-6} /degree-C - 14×10^{-6} /degree C can be easily obtained by stepping on each process of the 3rd manufacture approach.

[0153] Next, it explains, referring to drawing 13 and drawing 14 about the 4th manufacture approach. By this 4th manufacture approach, as shown in drawing 14 , the preforming machine 100 is performed by using only the hotpress machine 102, without using it.

[0154] That is, as shown in drawing 13 , after putting in fine-particles 12a of carbon or its allotrope, and fine-particles 14a of a metal 14 in a case 70, mixing and obtaining mixture 104 first (step S501), the mixture 104 within a case 70 is held in the fireproof container 124 in the direct hotpress machine 102 (step S502). After sealing the fireproof container 124, vacuum suction in the fireproof container 124 is performed through an inlet pipe 130, and the inside of this fireproof container 124 is changed into a negative pressure condition (step S503). Then, it energizes at a heater 128 and temperature in the fireproof container 124 is made into -10 degrees C - -50 degrees C of the melting point of a metal 14 (step S504).

[0155] In the phase which reached predetermined temperature, upper punch 126 is moved caudad, mixture 104 is pressurized, and heat sink material 10B is obtained (step S505).

[0156] Also in this 4th manufacture approach, heat sink material 10B whose coefficient of thermal expansion the average of 3 shaft orientations which intersect perpendicularly, or the thermal conductivity of one of shaft orientations is 200-350 or more W/mK, and is 3×10^{-6} /degree-C - 14×10^{-6} /degree C can be obtained easily.

[0157] Next, it explains, referring to drawing 15 about heat sink material 10C concerning the gestalt of the 3rd operation.

[0158] As shown in drawing 15 , heat sink material 10C concerning the gestalt of the 3rd operation pressurizes the mixture which mixed carbon, fine-particles 12b of that allotrope, a binder (combination), etc., fabricates a preforming object and a

block (you may be a cube, a rectangular parallelepiped, or an arbitration configuration), and further, this block infiltrates a metal and it constitutes them. Fine-particles 12b may be the same as fine-particles 12a of the carbon used with the gestalt of the 2nd operation, or its allotrope. This heat sink material 10C can be made in the configuration of the arbitration near the last configuration.

[0159] The diamond other than graphite can be used as said carbon or its allotrope. Moreover, aluminum and silver other than copper can be used as a metal 14.

[0160] Moreover, it is 1 micrometer - 2000 micrometers, said fine-particles 12b is the direction which takes the minimum die length, and the direction which takes the greatest die length, and, as for the average powder grain size of fine-particles 12b of said carbon or its allotrope, it is desirable that the ratio of the die length is 1:5 or less. In this case, although there is no strong network, it can make in the configuration of the arbitration near the last configuration. Therefore, it is also possible to omit processing of a back process. The range of 80vol(s)% - 20vol% has [the rate of the volume of fine-particles 12b of carbon or its allotrope, and a metal 14 / carbon or its allotrope] a metal 14 desirable [and] 20vol(s)% - 80vol%.

[0161] Moreover, it is desirable to add the alloying element for reacting with this carbon or its allotrope into fine-particles 12b of carbon or its allotrope. What is necessary is just to choose this alloying element like the gestalt of the 2nd operation.

[0162] It is desirable to use each alloying element for said metal 14 like the case of the gestalt of the 1st operation. That is, it is an alloying element for reducing the alloying element for raising the alloying element for raising the reactivity of the alloying element for a wettability improvement, carbon, or its allotrope and metal 14, and fluidity nature, and the melting point etc.

[0163] Next, it explains, referring to drawing 16 about the 5th manufacture approach of the gestalt the 3rd operation. By this 5th manufacture approach, first, fine-particles 12b of carbon or its allotrope is made to mix water and a binder (binding material), and mixture is prepared (step S601).

[0164] And the mixture is pressurized by the predetermined pressure and a preforming object is fabricated (step S602). It is good to use the press machine 62 (to refer to drawing 7) or the preforming machine 100 (to refer to drawing 10) as a pressurizer.

[0165] Next, a preheat treatment is performed in order to make it easy to sink molten metal 14 into the acquired preforming object (step S603). If the molten metal 14 of this preheat temperature is about 1200 degrees C, the preheat temperature of graphite has 1000 degrees C - desirable 1400 degrees C. The binder used in step S601 by performing this preheat treatment is also removable.

[0166] Furthermore, in step S604, a preforming object is calcinated and a block is fabricated. The approach of calcinating is performed like the gestalt of the 1st operation.

[0167] And molten metal 14 is infiltrated into a preforming object (step S605). This sinking-in process should just perform the same processing as each sinking-in process shown with the gestalt of the 1st operation. For example, a high pressure vessel 30 (refer to drawing 2) can be used, and heat sink material 10C can be obtained from step S2 in the 1st manufacture approach (refer to drawing 3) by performing the process of step S9.

[0168] According to this 5th manufacture approach, in the pressure treatment performed at step S602, coefficient of thermal expansion and thermal conductivity are controllable by the powder-compacting situation of fine particles to a desired value.

[0169] Moreover, thermal conductivity becomes isotropy more and obtained heat sink material 10C has the description that wettability and the ingredient yield also improve.

[0170] Furthermore, since the direction of a metal 14 becomes a network, reinforcement can be raised, and residual pore can also be decreased.

[0171] Furthermore, heat sink material 10C can be manufactured at a low price. That is, the block before sinking in is not processible if it remains as it is, since it is weak. However, since it can sink in since the powder preforming article is fabricated in the configuration of the very thing, and it can be equal also to the plastic deformation of after that some, heat sink material 10C of a complicated configuration can be obtained at a low price.

[0172] Also in this 5th manufacture approach, thermal expansion can be lowered to the metal 14 to infiltrate like the case of each above-mentioned manufacture approach by adding the element which forms carbide. Moreover, a rate of impregnation can be raised by adding amelioration elements, such as wettability.

[0173] Moreover, a rate of impregnation increases and the direction of thermal conductivity [reinforcement and] at the time of giving a high sinking-in pressure improves.

[0174] Here, the sinking-in example by the 5th manufacture approach is shown to drawing 17 . What is displayed to be

"non-energized" in the column of the restoration approach of drawing 17 shows having infiltrated the metal 14 as it is to the mixture which skipped the above-mentioned pressurization process step S602, and covered with fine particles. Moreover, what is displayed as "pressurization" adds and carries out powder compacting of 3 to 3 10cm 3 and 100cm of water of water glass 1000cm of fine particles, after that, at the time of a preheating (1200 degrees C), makes water and water glass remove and fabricates them.

[0175] Next, it explains, referring to drawing 18 about the 6th manufacture approach of the heat sink material 10 concerning the gestalt of the 3rd operation. By this 6th manufacture approach, the molten metal 14 which dissolved the metal, or the metal (solid-liquid coexistence metal) of a solid-liquid coexistence condition is prepared first (step S701). A solid-liquid coexistence condition means that which cooled and agitated the thing which changed the metal (generally alloy) into the sintering condition, or the metal molten metal, and was changed into the half-coagulation condition here, and both are pointed out although it cooled with that which heated the metal and was directly changed into the sintering condition once dissolving completely, and changed into the half-coagulation condition.

[0176] Next, said molten metal 14 or the metal of a solid-liquid coexistence condition is made to mix fine-particles 12a of carbon or its allotrope (step S702).

[0177] And heat sink material 10C can be obtained by carrying out casting processing and fabricating the molten metal 14 or the solid-liquid coexistence metal with which this fine-particles 12a was mixed in a desired configuration (step S703).

[0178] Heat sink material 10C obtained in the 6th manufacture approach has the same description as what was produced by the 5th manufacture approach.

[0179] Next, one example of an experiment (1st example of an experiment) is shown. About three kinds of carbon (P, M, N), this 1st example of an experiment changes the class of metal 14 which sinks in, the class of alloying element, and the sinking-in approach, and looks at the effectiveness of the difference in the thermal conductivity of a 2-way, the difference in the coefficient of thermal expansion of a 2-way, the difference in the flexural strength of a 2-way, a water resisting property, and an alloying element, respectively. The result of this example of an experiment is shown in drawing 19 - drawing 21. Moreover, each property of three kinds of carbon (P, M, N) is shown in drawing 22.

[0180] In addition, the water resisting property put in little water and a little sample in the desiccator, was changed into the condition of having put to the ambient atmosphere of water, without dipping a sample in water, and inspected them.

[0181] First, about thermal conductivity, if the case where the die press is used as the sinking-in approach is looked at, although the copper alloy containing an alloying element was infiltrated, the direction is higher to the whole than that into which the pure copper was infiltrated. Originally, although the direction of a pure copper has the high heat conductivity, wettability with carbon is bad and it is considered to be the causes that it is hard to sink in, that the heat conductivity falls by the carbon after sinking in and the metaled interface, etc.

[0182] Moreover, since that into which pure aluminum was infiltrated has the high wettability to the effectiveness and carbon which generate carbide, what has thermal conductivity higher than the case where a pure copper is infiltrated is obtained, but thermal conductivity is [the direction] high although the copper alloy containing an alloying element was infiltrated.

[0183] However, when gas pressurization is used as the sinking-in approach, thermal conductivity is high rather than the case where it is based on the die press, and although the pure copper was infiltrated by gas pressurization, thermal conductivity is almost the same as that into which the copper alloy containing an alloying element was infiltrated. Each example of representation in the case of being based on the case where it is based on the die press among the experimental results shown in drawing 19 - drawing 21, and gas pressurization is extracted and shown in drawing 23.

[0184] The direction of this of gas pressurization is easy to do control of preheat temperature and molten metal temperature. Of course, also in the die press, the sinking-in property (thermal conductivity becomes high) of this level can be acquired by carrying out the work on a facility.

[0185] There were not that into which the pure copper was infiltrated in all carbon about coefficient of thermal expansion, a thing into which the copper alloy was infiltrated, and thing a that it is difference into which pure aluminum was infiltrated, and there was no difference also by the sinking-in approach.

[0186] Moreover, that into which the copper alloy containing the alloying element which raises wettability was infiltrated has a good water resisting property, and it turns out that flexural strength of that into which the copper alloy containing the alloying element with which generation of carbide becomes easy was infiltrated is improving only from carbon.

[0187] Moreover, the ratio of the thermal conductivity of the direction of a field and the thickness direction has become 1:5 or less, since each [these] sample has a property near isotropy, when using it as a heat sink, it hardly needs to take the installation direction into consideration one by one, and it becomes advantageous by the component side.

[0188] Furthermore, two examples of an experiment (the 2nd and 3rd example of an experiment) are shown. These

examples of an experiment are the sinking-in processes in the gestalt of the 1st operation which infiltrate a metal into carbon, change the sinking-in pressure at the time of carrying out sinking-in pressurization of the inside of a container, and look at the difference in the thermal conductivity in residual pore, a consistency, homogenization, compressive strength, and the two directions of a field that intersect perpendicularly, respectively.

[0189] The 2nd example of an experiment performed the sinking-in pressure by 26.7MPa(s) (272 kgf/cm²) and 156.0MPa (s) (1592 kgf/cm²). The result of this example of an experiment is shown in [drawing 24](#) .

[0190] [Drawing 24](#) takes porosity (** shows) and a consistency (O shows) along an axis of ordinate, and takes and plots a sinking-in pressure on an axis of abscissa. ** shows the plot of porosity and O shows the plot of a consistency. As for porosity, it turns out that the directions at the time of giving a high sinking-in pressure from this experimental result are moreover decreasing in number by a consistency becoming large.

[0191] Moreover, in the direction of a field, in 24.5 - 34.3MPa (250 - 35 kgf/cm²) and the thickness direction, since the compressive strength (specification: compressive-strength test method of JIS R 1608 fine ceramics) of carbon was 34.3-44.1MPa (350 - 450 kgf/cm²), even when compressive strength 4 to 5 times the sinking-in pressure of carbon was given, it has checked that there was no manufacture top problem by the above-mentioned sinking-in process, from this experiment.

[0192] The 3rd example of an experiment performed the sinking-in pressure by 26.7MPa(s) (272 kgf/cm²) and 60.0MPa(s) (612 kgf/cm²). The result of this example of an experiment is shown in [drawing 25](#) - [drawing 29](#) .

[0193] [Drawing 25](#) takes a measurement consistency along an axis of ordinate, and takes and plots the consistency average of each lot on an axis of abscissa.

[0194] This [drawing 25](#) shows that dispersion in the consistency average for every lot of the direction which made the sinking-in pressure high is small.

[0195] [Drawing 26](#) - [drawing 28](#) take a sinking-in pressure along an axis of abscissa, and take and plot the thermal conductivity of the thickness direction, compressive strength, and a consistency on an axis of ordinate, respectively. It turns out that the value of direction at the time of giving a high sinking-in pressure from these [drawing 26](#) - [drawing 28](#) is improving as for each property.

[0196] [Drawing 29](#) plots the difference in the thermal conductivity in the two directions of a field which intersect perpendicularly. It took on the axis of ordinate by making another side into the direction of Y for the axis of abscissa, having used one side as the direction of X. It turns out that dispersion in the direction of a field has little direction at the time of giving a high sinking-in pressure from this [drawing 29](#) .

[0197] In said 2nd and 3rd examples of an experiment, by having made the sinking-in pressure high, when the amount of sinking in of a metal 14 increased, it is thought that each effectiveness was done so.

[0198] Furthermore, two another examples of an experiment (the 4th and 5th example of an experiment) are shown. In the gestalt of the 4th operation, these 4th and 5th examples of an experiment are the sinking-in processes which infiltrate a metal 14 into carbon, change the sinking-in pressure at the time of carrying out sinking-in pressurization, and the element added to a metal 14, and look at change of residual pore, respectively.

[0199] The 4th example of an experiment adopted Cu_{0.1}Nb as the sinking-in metal, and performed it by the case where 27MPa, 48MPa, and 60MPa(s) are pressurized with the element material which does not apply a sinking-in pressure. The result of this example of an experiment is shown in [drawing 31](#) .

[0200] A pore diameter is taken along an axis of abscissa, it takes the residual pore volume along an axis of ordinate, and [drawing 31](#) looks at the difference in the case of each sinking-in pressure. This [drawing 31](#) shows that the residual porosity after sinking in is decreasing by raising a sinking-in pressure.

[0201] The 5th example of an experiment is the case where Cu_{0.1}Nb is added, when Cu₅Si is added with the element material which does not add an element to the metal to infiltrate, and the case of 27MPa(s), and in the case of 43MPa(s), about the sinking-in pressure, it experimented in it. The result of this example of an experiment is shown in [drawing 32](#) .

[0202] Since the element material in [drawing 32](#) is the element material and these conditions in [drawing 31](#) , each wave is the almost same configuration.

[0203] Since Cu₅Si of the added element has solid phase / 30 degrees C of liquid phase temperature requirements or more, compared with Cu_{0.1}Nb, its fluidity nature (wettability) is good. Consequently, although Cu₅Si was added, it turns out that directions are decreasing in number [residual pore]. Moreover, although the inclination for the residual pore after the direction which raised the sinking-in pressure sinking in to decrease is seen, this can be called same inclination as [drawing 31](#) . Moreover, when residual pore decreases, improvement in reinforcement can be aimed at.

[0204] Next, it replaces with carbon or its allotrope, and the case where SiC is used as a porosity sintered compact is explained.

[0205] In order to put the additive for a wettability improvement into SiC, it is desirable that one or more sorts of alloying elements chosen as the metal component from Be, aluminum, Si, Mg, Ti, and nickel in the range to 5% are included. Since it differs from the case where carbon is used as a porosity sintered compact, it is careful of these elements.

[0206] And wettability improvement with SiC and a metal 14 is aimed at, and it is desirable beforehand to SiC to perform 3 - 5vol% nickel plating desirably 1 - 10vol%. In this case, it can realize sinking in by the low voltage force. As nickel plating here, the plating processing which is not fused at the time of a preheating is desirable, for example, the plating of nickel-P-W, the plating of nickel-B-W, etc. are included.

[0207] moreover, wettability improvement with SiC and a metal 14 -- planning -- SiC -- beforehand -- Si -- 1 - 10vol% -- desirable -- 3 - 5vol% -- it is desirable to make it sink in. Also in this case, it can realize sinking in by the low voltage force.

[0208] and 1 - 10vol% nickel plating is beforehand performed to said SiC -- or -- beforehand -- Si -- 1 - 10vol% -- in relation to making it sink in, it may be made to perform palladium plating to SiC beforehand. In this case, it is also possible to give composite coatings with nickel or Si in addition to said palladium plating.

[0209] Moreover, in an elevated temperature, a reaction produces SiC and a metal 14, this SiC is decomposed into Si and C, and an original function is no longer demonstrated. For this reason, it is required for SiC and a metal 14 to shorten the time amount which contacts directly at an elevated temperature. The 1st processing condition (the pressure given to a high pressure vessel 30 = more than 0.98MPa (10 kgf/cm²)) By satisfying the 2nd processing condition (heating temperature = temperature higher 30 degrees C - 250 degrees C than the melting point of a metal 14), or the 3rd processing condition (1 - 10vol% nickel plating being beforehand performed to SiC) below 98MPa(s) (1000 kgf/cm²) Since the contact time of SiC and a metal 14 can be shortened, the above decomposition reactions of SiC are avoidable in advance.

[0210] Moreover, since SiC and a metal 14 have bad wettability, they need to apply the high-pressure force to fully infiltrate a metal 14. since reforming of the pore front face of SiC is carried out and the wettability of SiC and a metal 14 becomes good by performing the 3rd processing condition (1 - 10vol% nickel plating being beforehand performed to SiC), or the 4th processing condition (SiC -- beforehand -- Si -- 1 - 10vol% -- it being made to sink in), a metal 14 can be infiltrated more even into finer pore by the low voltage force.

[0211] Here, still more nearly another example of an experiment (6th example of an experiment) is shown. This 6th example of an experiment changes suitably the porosity of SiC, a pore diameter, the existence of nickel plating, the existence of Si sinking in, sinking-in temperature, welding pressure, pressurization time amount, and a cooling rate, and finds the difference between the reaction situation of SiC/Cu at that time, and the sinking-in situation of Cu. The experimental result is shown in front drawing of [drawing 30](#). The thickness (average) of the reaction layer formed between SiC and Cu was made to determine the reaction situation of SiC/Cu in this [drawing 30](#). The determining condition is as follows. Moreover, it is because the thermal conductivity at the time of heat transfer between SiC and Cu getting worse, and considering as the composite material for semi-conductor heat sinks will fall if a reaction layer 5 micrometers or more produces the basis of this determining condition between SiC and Cu.

[0212] - The thickness (average) of a reaction layer is 1 micrometer or less. -> "With no reaction"

- The thickness (average) of a reaction layer exceeds 1 micrometer, and it is 5 micrometers or less. -> "*****"

- The thickness (average) of a reaction layer exceeds 5 micrometers. -> "Reaction size"

[0213] About what satisfies the predetermined range, respectively about the porosity, the pore diameter, the sinking-in temperature, the welding pressure, the pressurization time amount, and the cooling rate of SiC (samples 3, 7, 8, 11, and 12), the reaction situation of SiC/Cu is all "with no reaction", and the sinking-in situation of Cu has become good from this experimental result, and the good result is obtained.

[0214] Among these samples, since it was performing nickel plating or Si sinking in about samples 3, 7, 11, and 12, the wettability with Cu became good, and even if it shortened pressurization time amount, the result good as mentioned above was obtained. Moreover, although it omitted nickel plating and Si sinking in about the sample 8, by having made welding pressure high, it became possible to shorten pressurization time amount, and the result good as mentioned above was obtained.

[0215] On the other hand about the samples 1, 5, and 9 which are 0.78MPa(s) (8 kgf/cm²) with welding pressure lower than said predetermined range, each sinking-in situation of Cu has become inadequate, and (samples 1 and 5) and the reaction situation of SiC/Cu serve as "reaction size" about what has pressurization time amount long among these samples.

[0216] In addition, it is thought of with since a pore diameter is larger than the predetermined range and pressurization time amount is comparatively long about a sample 14 by considering that a sinking-in situation has the inadequate reaction situation of SiC/Cu in spite of "*****" with since porosity and a pore diameter not filling the predetermined range,

respectively about a sample 6 that the reaction situation of SiC/Cu serves as "reaction size" although a sinking-in situation is good.

[0217] Next, the gestalt of the operation which used SiC for the porosity sintered compact is explained. First, in the gestalt (the 1st manufacture approach, the 1st modification, the 2nd modification, and the 2nd manufacture approach) of said 1st operation, when using SiC, the process (step S1, step S101, step S201, step S301, and step S302) which calcinates graphite and produces a porosity sintered compact is unnecessary, and can be manufactured at the same process by the subsequent step.

[0218] Furthermore, the manufacture approach (the 7th manufacture approach) which starts the gestalt of the 4th operation as a gestalt of the operation which used SiC for the porosity sintered compact is explained, referring to drawing 33 - drawing 36.

[0219] This 7th manufacture approach is specifically performed by using the hotpress machine 1060, as that example is shown in drawing 33. Although this hotpress machine 1060 is the almost same structure as the hotpress machine 102 explained with the gestalt of said 2nd operation, it divides and explains drawing for convenience.

[0220] The upper punch 1068 by which the attitude was made free, and the heater 1070 for heating said fireproof container 1066 are formed from the upper part in the fireproof container 1066 of top-face opening with which this hotpress machine 1060 was fixed in the tubed case 1062 on the bottom punch 1064 by which it serves as a pedestal, and punch 1064 under this, and this fireproof container 1066. In addition, the inlet pipe 1072 for vacuum suction is formed in this hotpress machine 1060.

[0221] Said fireproof container 1066 has the tubed configuration of having a centrum 1074. The flange 1076 to which upper punch 1068 determines the stroke (stroke) of this upper punch 1068 as the side face is formed, and the packing 1078 for contacting the upper peripheral surface of said fireproof container 1066, and changing the fireproof container 1066 into a sealing condition is attached in the inferior surface of tongue of this flange 1076. On the other hand, the path 1080 which circulates the fluid for cooling for cooling the inside of the fluid for heating and the fireproof container 1066 for heating the inside of the fireproof container 1066 is established in the interior of bottom punch 1064.

[0222] And the 7th manufacture approach is performed by stepping on the process shown in drawing 34.

[0223] First, it supplies from the bottom in the centrum 1074 of the fireproof container 1066 in order of SiC1020, the filter 1054 made from a porosity ceramic, and the lump of a metal 14 (step S1301). It is desirable to use the porosity ceramic material whose porosity is 40% - 90% and whose pore diameter is 0.5mm - 3.0mm as a filter 1054, and it is desirable to use the porosity ceramic material whose porosity is 70% - 85% more preferably and whose pore diameter is 1.0mm - 2.0mm.

[0224] Moreover, said filter 1054 can achieve the function as a dashboard in which a batch sets both for SiC1020 and the lump of a metal 14 in the non-contact condition, and can define the part to which SiC1020 under top room 1074a and a filter 1054 was set in the part to which the lump of the metal 14 on a filter 1054 was set among centums 1074 as bottom room 1074b.

[0225] Next, after sealing the fireproof container 1066, vacuum suction in the fireproof container 1066 is performed through an inlet pipe 1072, and the inside of both ** 1074a of this fireproof container 1066 and 1074b is changed into a negative pressure condition (step S1302).

[0226] Then, it energizes at a heater 1070 and the heating dissolution of the metal 14 in top room 1074a is carried out (step S1303). It combines with the energization to said heater 1070, and the fluid for heating is poured and you may make it heat the interior of the fireproof container 1066 in the path 1080 of bottom punch 1064 at this time.

[0227] In the phase which reached predetermined temperature, the melt (molten metal) of the metal 14 in top room 1074a moves upper punch 1068 caudad, and pressurizes the inside of top room 1074a to place constant pressure (step S1304). At this time, the fireproof container 1066 is sealed by contact and mutual press with the packing 1078 attached in the flange 1076 of upper punch 1068, and the upper peripheral surface of the fireproof container 1066, and un-arranging [that internal molten metal leaks out of the fireproof container 1066] is prevented effectively.

[0228] It sinks into SiC1020 installed in bottom room of this 1074b at the same time the melt (molten metal) of the metal 14 in room after becoming place constant pressure 1074a is extruded through a filter 1054 by the pressure in top room 1074a at the bottom room 1074b side and is introduced in bottom room of this 1074b.

[0229] (Step S1305) and the molten metal 14 with which it sank into SiC1020 are made to solidify by pouring the fluid for cooling to the path 1080 in bottom punch 1064, and making it cool the fireproof container 1066 toward the upper part shortly in the phase used as the terminal point (at the time of to sink [of the molten metal 14 into SiC1020] in being made into a saturation state) set up beforehand from a lower part by time management. The pressurization condition in the fireproof container 1066 by upper punch 1068 and bottom punch 1064 is held until coagulation is completed.

[0230] When coagulation is completed, a metal 14 takes out SiC1020 into which it sank from the fireproof container 1066 (step S1306).

[0231] In this manufacture approach, since SiC1020 is made to contact promptly, and these are made into a pressurization condition and that pressurization condition was further held till the completion of cooling actuation after heating fully deaerating SiC1020 and a metal 14 and fusing a metal 14, a metal 14 can be efficiently sunk into SiC1020. Although it was made to perform sinking-in processing under negative pressure in said example, you may carry out under ordinary pressure.

[0232] Thus, since it is made to contact mutually and was made to perform sinking-in processing after putting both molten metal 14 and SiC1020 under pressurization, the pressure drop at the time of contacting both can be made into the minimum, and the pressurization condition at the time of sinking-in processing can be made to hold good.

[0233] Although packing 1078 was formed in the inferior surface of tongue of the flange 1076 in upper punch 1068 in said example in order to prevent the leakage of molten metal 14, you may make it form packing 1078 in the upper peripheral surface of the fireproof container 1066, as the two-dot chain line of drawing 33 shows. Moreover, you may make it form the packing member 1102 which made ring-like split mold packing 1100 the two-sheet pile in the lower part of upper punch 1068, as shown in drawing 36 as shown in drawing 35 A. In this case, when molten metal enters into the centrum 1104 of the packing member 1102, the diameter of each split mold packing 1100 will be expanded, top room 1074a will be sealed as a result, and the leakage of molten metal 14 will be prevented.

[0234] Next, it explains, referring to drawing 37 and drawing 38 about the modification of the 7th manufacture approach. In addition, a same sign is attached about drawing 33 and a corresponding component, and the duplication explanation is omitted.

[0235] In the manufacture approach concerning this modification, as a hotpress machine 1060, as shown in drawing 37, the filter member 1110 constituted from porous ceramics by the height direction center section of the centrum 1074 in the fireproof container 1066 fixes, and that in which the door 1112 was attached free [closing motion] at the side face of bottom room 1074b is used. Therefore, the part above the filter member 1110 is set to top room 1074a among the centums 1074 of the fireproof container 1066, and the part below the filter member 1110 is set to bottom room 1074b. About the door 1112 especially attached in bottom room 1074b, when this door 1112 is closed, structure by which bottom room 1074b is sealed is adopted.

[0236] And the manufacture approach concerning this modification is performed by stepping on the process shown in drawing 38.

[0237] First, the lump of a metal 14 is thrown in in fireproof container 1066 top room 1074a, the door 1112 of bottom room 1074b is opened, and SiC1020 is supplied in bottom room of this 1074b (step S1401).

[0238] Next, after closing a door 1112, sealing bottom room 1074b and sealing the hotpress machine 1060 further, vacuum suction in the fireproof container 1066 is performed through an inlet pipe 1072, and the inside of both ** 1074a of this fireproof container 1066 and 1074b is changed into a negative pressure condition (step S1402).

[0239] Then, it energizes at a heater 1070 and the heating dissolution of the metal 14 in top room 1074a is carried out (step S1403). It combines with the energization to said heater 1070 also in this case, and the fluid for heating is poured and you may make it heat the interior of the fireproof container 1066 in the path 1080 of bottom punch 1064.

[0240] In the phase which reached predetermined temperature, the melt (molten metal) of the metal 14 in top room 1074a moves upper punch 1068 caudad, and pressurizes the inside of top room 1074a to place constant pressure (step S1404).

[0241] It sinks into SiC1020 installed in bottom room of this 1074b at the same time the melt (molten metal) of the metal 14 in room after becoming place constant pressure 1074a is extruded through the filter member 1110 by the pressure in top room 1074a at the bottom room 1074b side and is introduced in bottom room of this 1074b.

[0242] (Step S1405) and the molten metal 14 with which it sank into SiC1020 are made to solidify by pouring the fluid for cooling to the path 1080 in bottom punch 1064, and making it cool the fireproof container 1066 toward the upper part shortly in the phase used as the terminal point set up beforehand from a lower part by time management.

[0243] When coagulation is completed, a metal 14 takes out SiC1020 into which it sank from the fireproof container 1066 (step S1406).

[0244] Also in the manufacture approach concerning this modification, a metal 14 can be efficiently sunk into SiC1020 like the 7th manufacture approach. Moreover, after putting both molten metal 14 and SiC1020 under pressurization, in order to make it contact mutually and to perform sinking-in processing also in this modification, the pressure drop at the time of contacting both can be made into the minimum, and the pressurization condition at the time of sinking-in processing can be made to hold good. In addition, in this modification, although it was made to perform sinking-in processing under negative pressure, you may carry out under ordinary pressure.

[0245] Furthermore, the manufacture approach (the 8th manufacture approach) which starts the gestalt of the 5th operation as a gestalt of the operation which used SiC for the porosity sintered compact is explained, referring to drawing 39 and drawing 40 . In addition, a same sign is described about drawing 33 and a corresponding component, and the duplication explanation is omitted .

[0246] Although this 8th manufacture approach is almost the same as the manufacture approach and principle target concerning the gestalt of said 4th operation, it differs in a sinking-in process at the point which SiC1020 and a metal 14 are contacted under negative pressure or ordinary pressure, heat-treats them, and fuses said metal 14.

[0247] It differs at the point supplied in order of SiC1020 and a metal 14 from the bottom, without throwing in a filter 1054 in the fireproof container 1066 of the hotpress machine 1060 specifically used by the manufacture approach concerning the gestalt of the 3rd operation shown in drawing 33 .

[0248] And the manufacture approach concerning the gestalt of the 5th operation is performed by stepping on the process shown in drawing 40 .

[0249] First, it supplies in order of the lump of SiC1020 and a metal 14 from the bottom in the centrum 1074 of the fireproof container 1066 (step S1501).

[0250] Next, after sealing the hotpress machine 1060, vacuum suction in the fireproof container 1066 is performed through an inlet pipe 1072, and the inside of this fireproof container 1066 is changed into a negative pressure condition (step S1502).

[0251] Then, it energizes at a heater 1070 and the heating dissolution of the metal 14 in the fireproof container 1066 is carried out (step S1503). It combines with the energization to said heater 1070, and the fluid for heating is poured and you may make it heat the interior of the fireproof container 1066 in the path 1080 of bottom punch 1064 at this time.

[0252] In the phase which reached predetermined temperature, the melt (molten metal) of the metal 14 in the fireproof container 1066 moves upper punch 1068 caudad, and pressurizes the inside of the fireproof container 1066 to place constant pressure (step S1504).

[0253] In the melt (molten metal) of the metal 14 which became place constant pressure, the pressure in the fireproof container 1066 sinks into SiC1020.

[0254] (Step S1505) and the molten metal with which it sank into SiC1020 are made to solidify by pouring the fluid for cooling to the path 1080 in bottom punch 1064, and cooling the fireproof container 1066 toward the upper part shortly, in the phase used as the terminal point (at the time of to sink [of the molten metal into SiC1020] in being made into a saturation state) set up beforehand, from a lower part by time management. The pressurization condition in the fireproof container 1066 by upper punch 1068 and bottom punch 1064 is held until coagulation is completed.

[0255] When coagulation is completed, a metal 14 takes out SiC1020 into which it sank from the fireproof container 1066 (step S1506).

[0256] Also in this 8th manufacture approach, where it heated fully deaerating SiC1020 and a metal 14 and a metal 14 and SiC1020 are contacted, after fusing a metal 14, since the inside of the fireproof container 1066 is made into a pressurization condition and that pressurization condition was further held till the completion of cooling actuation, a metal 14 can be efficiently sunk into SiC1020.

[0257] In addition, the heat sink material concerning this invention and its manufacture approach of the ability of various configurations to be taken are natural, without deviating not only from the gestalt of above-mentioned operation but from the summary of this invention.

[0258]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the heat sink material concerning this invention, the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the heat conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc. can be acquired.

[0259] Moreover, according to the manufacture approach of the heat sink material concerning this invention, the heat sink material which has the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the heat conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc. can be manufactured easily, and the productivity of the heat sink of high quality can be raised.

[Translation done.]

JAPANESE

[JP,2001-339022,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION TECHNICAL
PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view showing the configuration of the heat sink material concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 2] Drawing 2 A is drawing fracturing and showing a part of transverse plane of the high pressure vessel used by the 1st manufacture approach, and drawing 2 B is drawing fracturing and showing a part of side face of said high pressure vessel.

[Drawing 3] It is the process block diagram showing the 1st manufacture approach.

[Drawing 4] It is the process block diagram showing the 1st modification of the 1st manufacture approach.

[Drawing 5] It is the process block diagram showing the 2nd modification of the 1st manufacture approach.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the furnace used by the 2nd manufacture approach.

[Drawing 7] It is the block diagram showing the press machine used by the 2nd manufacture approach.

[Drawing 8] It is the process block diagram showing the 2nd manufacture approach.

[Drawing 9] It is the perspective view showing the configuration of the heat sink material concerning the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 10] It is the block diagram showing the preforming machine used by the 3rd manufacture approach.

[Drawing 11] It is the block diagram showing the hotpress machine used by the 3rd manufacture approach.

[Drawing 12] It is the process block diagram showing the 3rd manufacture approach.

[Drawing 13] It is the process block diagram showing the 4th manufacture approach.

[Drawing 14] It is the block diagram showing the hotpress machine used by the 4th manufacture approach.

[Drawing 15] It is the perspective view showing the configuration of the heat sink material concerning the gestalt of the 3rd operation.

[Drawing 16] It is the process block diagram showing the 5th manufacture approach.

[Drawing 17] It is the graph showing the property of the heat sink material concerning the 5th manufacture approach.

[Drawing 18] It is the process block diagram showing the 6th manufacture approach.

[Drawing 19] It is the graph showing the result of the example of an experiment in Carbon P.

[Drawing 20] It is the graph showing the result of the example of an experiment in Carbon M.

[Drawing 21] It is the graph showing the result of the example of an experiment in Carbon N.

[Drawing 22] It is the graph showing the property of Carbon P, M, and N.

[Drawing 23] It is the graph extracting and showing each example of representation in the case of being based on the case where it is based on the die press among experimental results, and gas pressurization.

[Drawing 24] It is the property Fig. showing change of the porosity and consistency to a sinking-in pressure.

[Drawing 25] It is the property Fig. showing the relation between the measurement consistency of each lot, and a consistency average.

[Drawing 26] It is the property Fig. showing change of the thermal conductivity to a sinking-in pressure.

[Drawing 27] It is the property Fig. showing change of the compressive strength to a sinking-in pressure.

[Drawing 28] It is the property Fig. showing change of the consistency to a sinking-in pressure.

[Drawing 29] It is the property Fig. showing change of the thermal conductivity to a sinking-in pressure.

[Drawing 30] It is front drawing showing the difference between the reaction situation of SiC/Cu when changing suitably the porosity of SiC, a pore diameter, the existence of nickel plating, the existence of Si sinking in, sinking-in temperature, welding pressure, pressurization time amount, and a cooling rate, and the sinking-in situation of Cu.

[Drawing 31] It is the property Fig. showing change of the residual pore to a sinking-in pressure.

[Drawing 32] It is the property Fig. showing change of the residual pore to an alloying element.

[Drawing 33] It is the outline block diagram showing the hotpress machine used for the 7th manufacture approach.

[Drawing 34] It is the process block diagram showing the 7th manufacture approach.

[Drawing 35] Drawing 35 A is the top view showing a packing member, and drawing 35 B is a sectional view on the XXIVB-XXIVB line in drawing 35 A.

[Drawing 36] It is the outline block diagram showing other examples of the hotpress machine used for the 7th manufacture approach.

[Drawing 37] It is the outline block diagram showing the hotpress machine used for the modification of the 7th manufacture approach.

[Drawing 38] It is the process block diagram showing the modification of the 7th manufacture approach.

[Drawing 39] It is the outline block diagram showing the hotpress machine used for the 8th manufacture approach.

[Drawing 40] It is the process block diagram showing the 8th manufacture approach.

[Description of Notations]

10A, 10B, 10C -- Heat sink material

12 -- Porosity sintered compact

12a, 12b -- Fine particles of carbon or its allotrope

14 -- Metal 14a -- Metaled fine particles

30 -- High pressure vessel 40, 124, 1066 -- Fireproof container

60 -- Furnace 62 -- Press machine

70 -- Case 82, 112 -- Metal mold

84, 114 -- Punch 86 -- Molten metal

100 106 -- Preforming machine 102 1060 -- Hotpress machine

104 -- Mixture 122 -- Bottom punch, 1064

126 1068 -- Top punch

[Translation done.]